

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр
Институт прикладной физики Российской академии наук»

Нижегородский научно-просветительский центр «Знание-НН»
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского
Первичная профсоюзная организация Профессионального союза
работников Российской академии наук в ИПФ РАН

Школа юного исследователя

Сборник
исследовательских работ учащихся

Выпуск 9

Нижний Новгород
2016

УДК 371
ББК 74.200я43
Ш 67

Ш 67 **Школа юного исследователя:** сборник исследовательских работ учащихся – Н. Новгород: Гладкова О.В., 2016. – ISBN 978-5-93530-289-4.
Вып. 9 / Под общ. ред. А.И. Ермилина, Е.В. Ермилиной. – 264с.
ISBN 978-5-93530-462-1

Под общ. редакцией
кандидата педагогических наук

А.И. Ермилина,
кандидата педагогических наук
Е.В. Ермилиной

e-mail: ermilin-aleksandr@mail.ru

сайт: «Академ клуб» ИПФ РАН (<http://aknn.iapras.ru>)

Р е ц е н з е н т ы :

В.Ф. Вдовин, ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева, доктор физико-математических наук,
Т.А. Яхно, ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, доктор биологических наук,
А.М. Рейман, старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук,
Е.В. Елпашева, старший преподаватель ННГУ им. Н.И. Лобачевского, зам. декана, кандидат химических наук,
Н.И. Лапин, доцент НГПУ им. К. Минина, заведующий научно-исследовательским отделом Нижегородского планетария, кандидат физико-математических наук.

При реализации проекта использовались средства государственной поддержки, выделенные в качестве гранта в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации № 79-рп от 01.04.2015 и на основании конкурса, проведенного Общероссийской общественной организацией «Российский Союз Молодежи».

Р и с у н к и Д.М. Филикян

Сборник статей по результатам исследовательской деятельности школьников и исследовательские работы учащихся – призеров XI региональной естественнонаучной конференции школьников «Школа юного исследователя», прошедшей в марте 2016 года в ИПФ РАН.

ISBN 978-5-93530-462-1 (Вып.9)
ISBN 978-5-93530-289-4

© ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», 2016

© Оформление. Гладкова О.В., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

12 апреля 1961 года – дата, открывшая новую страницу в истории науки. В этот день с космодрома Байконур состоялся запуск ракеты-носителя с космическим кораблем «Восток», на котором член первого отряда космонавтов 27-летний Юрий Гагарин первым в мире совершил свой легендарный полет в космос, открыв человечеству дорогу к звездам. В этот день наша страна стала первой. Навсегда. Роскосмос, отмечая эту веху в истории Земли, объявил 2016-й год «Годом Юрия Гагарина».

Космос хранит множество тайн. С ним связано и одно из главных научных событий этого года – открытие гравитационных волн. Впервые в истории были зафиксированы колебания пространства-времени, пришедшие на Землю от катастрофы, произошедшей далеко во Вселенной. В проекте по поиску гравитационных волн участвовали научные коллективы более чем из тысячи ученых из университетов 15 стран, в их числе и коллектив Института прикладной физики РАН (Нижний Новгород). «С этим открытием для нас, людей, начинается новое великолепное приключение: поиски и исследования искаженной стороны Вселенной, предметов и явлений, которые построены из искривленного пространства-времени. Сталкивающиеся черные дыры и гравитационные волны – наши первые прекрасные образцы»¹, – считает один из основателей LIGO (Лазерно-интерферометрическая гравитационно-волновая обсерватория, США), астрофизик Кип Торн.

Наука открывает новые страницы своей истории, и писать эту историю предстоит молодым исследователям, которые сегодня только постигают азы профессии, задумываются о своем пути в мире науки. Как правильно выбрать этот путь? Как определить, что наука – это твое призвание?

Жизнеспособность и потенциал науки напрямую зависят от притока талантливой молодежи. Призвание – склонность к тому или иному делу, стремление человека к возможно более полному выявлению и развитию своих возможностей. Но «ничто нельзя ни любить, ни ненавидеть, прежде чем не имеешь об этом ясного представления» (Леонардо да Винчи). Выбрать профессию ученого в качестве своего жизненного пути невозможно, не попробовав себя в

¹ Гравитационные волны открыты [Электронный ресурс] // Газета.ru. 11.02.2016. https://www.gazeta.ru/science/2016/02/11_a_8068283.shtml.

качестве исследователя, не узнав «вкуса» пусть маленькой, но победы, воплощенной идеи.

Сферой, где рождаются и воплощаются творческие научные идеи школьников, является дополнительное образование. В условиях информационного общества, когда резко возросло количество новых каналов и источников информации, школа выступает лишь как один из многих институтов воспитания, лишившись монополии в образовании, но сохранив приоритет в систематическом обучении. Дополнительное образование – образование сверх школьной программы, имеющее целью развитие мотивации личности к познанию и творчеству, рассматривается в документах Министерства образования России как инновационная сфера. Ключевыми задачами дополнительного образования в настоящее время стали формирование технического мышления, воспитание будущих инженерных кадров, создание условий для исследовательской и проектной деятельности учащихся, занятий научно-техническим творчеством, организация тематического отдыха.

«..не в массе приобретенных знаний заключается красота и мощь умственной деятельности, даже не в их систематичности, а в искреннем, ярком искании... И масса удержаных умом фактов, и систематичность познанных данных – ученическая работа, она не может удовлетворить свободную мысль», – считал российский естествоиспытатель, основоположник учения о биосфере В.И. Вернадский. Самостоятельная исследовательская деятельность – сфера вольного школьства и свободного научного творчества. Она максимально отвечает заложенному природой в каждом ребенке любопытству, стремлению к самостоятельному освоению мира, обучению по собственной инициативе.

И главное – это значимая деятельность!

Ученые – это особая психологическая категория людей, которые не могут не заниматься объяснением того, что пока не ясно: будь то открытие новых законов природы или общественной жизни. Их открытия часто лежат за рамками понятного людям, что порождает разнообразные легенды и мифы как о самих открытиях, так и об их авторах. Мифологизация научной деятельности как сферы для избранных поддерживается СМИ, авторами художественных биографий ученых, произведениями искусства. В научном образовании школьников это создает соблазн «забавляющей науки», игры в науку. При этом, наряду с положительным эффектом «очарования наукой», у школьников возникают нереальные образы науки и ученых. Отсутствие системного дополнительного научного образования

детей заполняется набирающими популярность музеями науки, научными шоу и демонстрациями, действующими по принципу: «научая – развлекай, развлекая – научай». Встреча с представителем науки, знакомство с научным фактом, явлением может послужить отправной точкой для направления развития ребенка, но не может восполнить потребность ребенка в самостоятельном добывании знаний. Являясь ответом на запрос детей и родителей на получение знаний в интересной форме и активный интеллектуальный досуг, такие формы дополнительного образования зачастую представляют собой игру в науку.

Совсем иная картина складывается в том случае, когда школьник занимается собственным исследованием. Он придумывает, экспериментирует, наблюдает, анализирует, сравнивает, ищет объяснение, готовит доклад, чтобы рассказать о полученных результатах. Практико-ориентированный характер дополнительного образования диктует преобладание в образовательном процессе практической работы и высокую практическую значимость для школьников осваиваемого ими содержания. Ценность исследовательской деятельности заключается в том, что, как отметил еще Галилео Галилей: «...наглядность, говоря обыденным языком, в один день научает нас с большей легкостью и прочностью тому, чему не могут научить правила, повторяемые хотя бы тысячу раз, так как собственное наблюдение... идет здесь рука об руку с теоретическим определением».

Особое значение дополнительного научного образования школьников состоит, по нашему мнению, в том, что оно обеспечивает не только получение первичных навыков научных исследований, сколько воспитание наукой в условиях открытого обучения. Это особенно важно в ситуации, сложившейся в обществе в последние десятилетия, когда научный метод все более явно уступает место верованиям и интуитивным догадкам. «Единственное лекарство против суеверия – это знание. Ничто другое не может вывести этого чумного пятна из человеческого ума», – говорил английский историк Генри Бокль.

Культура не ограничивается искусством, то есть творческой деятельностью по созданию произведений в эстетически выразительных формах. Культура – это наука и техника, технологии, обеспечивающие определенный уровень жизни общества. Научное творчество – не просто интересное занятие, а возможность понять, как устроен мир вокруг нас, как работают приборы, что именно и каким образом влияет на природу и человека. Дополнительное научное образование, в основу которого заложена самостоятельная учебно-

исследовательская деятельность и непосредственное общение с представителями научного сообщества, позволяет воспитывать у подрастающего поколения научную и техническую культуру, развивать их критическое мышление, способность к нестандартным решениям, инициативность.

«Когда... мы шире разовьем научные способности, то применение этих способностей к открытиям научных принципов природы и к направлению практики теорией перестанет быть скучным и становится настоящим источником радости, к которому мы прибегаем так часто, что, наконец, даже наши случайные мысли начинают бежать по научному руслу», – утверждал английский физик Джеймс Максвелл. Но чтобы наука стала источником радости, смыслом жизни, призванием, надо дать возможность проявиться исследовательскому таланту ребенка. Только самостоятельная исследовательская деятельность открывает свободный доступ к мастерству и творчеству в науке.

«...врожденные дарования подобны диким растениям и нуждаются в выращивании с помощью ученых занятий», – говорил философ XVII века, основатель английского эмпиризма, утверждавший, что все знания возникают из опыта и наблюдений, Френсис Бэкон. Правильно организованные занятия исследовательской деятельностью – задача педагога, научного руководителя работы школьника. Научное образование школьников в сфере дополнительного образования организуется как индивидуальная траектория обучения и поэтому значительно расширяет возможности свободного выбора научного направления, способа деятельности, формы познавательной активности, образовательного маршрута и т.д. Научный руководитель для школьника – это носитель научной культуры, академических ценностей. Он – посредник между миром ученых и школьной молодежью. В деятельности научного руководителя большее значение имеет воспитание, нежели образование. Подобно тьютору в классическом университете, научный руководитель школьника во всех ситуациях демонстрирует три типа отношений к начиナющему исследователю: наставление примером, знаниями и наставление в трудности. «В этом-то искусство воспитателей: открыть Гений, обогатить его познаниями и дать свободу следовать его внушениям» (Н.И. Лобачевский).

Научное образование школьников в Институте прикладной физики РАН – явление не новое и уже имеет свою почти тридцатилетнюю историю. Начавшись с проведения классических летних физико-математических школ в 1988 году, оно обрело системность и ис-

следовательский характер с организацией летних исследовательских смен (ЛИС) «Умные каникулы» и научного объединения школьников «Школа юного исследователя» (ШЮИ), составивших круглого-дничный цикл работы с заинтересованными школьниками 7 – 11-х классов. Ежегодно в ШЮИ занимаются 60 школьников. Они изучают историю и методологию научного исследования, осваивают основы теории вероятности и математической статистики, знакомятся с особенностями проведения исследования в выбранной естественнонаучной области (физика, астрономия, химия, биология), осваивают методы обработки экспериментальных данных с помощью компьютерных программ, способы представления результатов исследования. В течение учебного года ребята посещают лаборатории ИПФ РАН, встречаются с учеными и, конечно же, проводят собственные самостоятельные исследования под руководством молодых специалистов, аспирантов и студентов профильных факультетов в исследовательских лабораториях института. Результаты выполненных работ учащиеся ШЮИ представляют на научных семинарах с участием ученых Нижегородского научного центра РАН. Данная деятельность направлена на привлечение новых кадров в научный процесс и является начальной ступенью системы подготовки научных кадров ИПФ РАН.

Важное значение в становлении исследователя играют конференции, дающие возможность школьнику ощутить свою принадлежность к научному миру. Общение и признание представителями «настоящей, большой» науки позволяют подростку увидеть собственную дорогу в этом мире. Конференция дает возможность осуществить свою первую самостоятельную исследовательскую работу, пройдя ее основные этапы, но именно это, на наш взгляд, позволяет формировать индивидуальный научный интерес уже в школьные годы. Пример увлеченности научным творчеством взрослых и общение с «подобными себе», обретение друзей по научным интересам, которые предоставляет юным исследователям участие в конференциях, являются мощнейшими воспитательными факторами дополнительного научного образования школьников.

Научные конференции позволяют собрать юных исследователей и руководителей их работ, организовать плодотворный диалог авторов и ученых, обеспечить обмен опытом научных руководителей. В этом году в оргкомитет XI региональной естественнонаучной конференции была подана 271 исследовательская заявка. В финальном

очном туре конференции приняли участие 150 школьников и 101 руководитель исследовательских работ школьников из Нижнего Новгорода и Нижегородской области, Чебоксар и Кирова.

Конференция была проведена в дни весенних школьных каникул на базе научно-образовательного комплекса ИПФ РАН. Работали секции физики, астрономии и астрофизики, химии, биофизики и биологии, прикладной информатики и математики. Активное участие в проведении конференции приняли преподаватели естественнонаучных факультетов ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Юные исследователи представили свои работы жюри. В состав жюри вошли: старший научный сотрудник ИПФ РАН, декан факультета ВШОПФ ННГУ им. Н.И. Лобачевского, доктор физико-математических наук К.И. Рыбаков; доцент, зам. декана радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидат физико-математических наук В.В. Пархачев; старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук А.М. Рейман; зав. лабораторией ИПФ РАН, профессор, доктор физико-математических наук, лауреат премии правительства Российской Федерации в области науки и техники В.Е. Запевалов; научный сотрудник ИПФ РАН, доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидат технических наук А.В. Кирсанов; младший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук А.С. Седов; научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук С.В. Миронов; младший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук А.А. Соловьев; младший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук И.Л. Снетков; зав. лабораторией ИПФ РАН, доктор физико-математических наук, председатель Нижегородского регионального отделения общества «Знание» А.В. Лапинов; старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук Е.Р. Кочаровская; научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук Д.Н. Кобяков; ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, зам. руководителя отделения нелинейной динамики и оптики по научной работе, доктор физико-математических наук И.Ю. Костюков; младший научный сотрудник ИПФ РАН К.Ф. Бурдюнов; младший научный сотрудник ИПФ РАН А.А. Мурзанев; старший научный сотрудник, зав. сектором инновационных программ ИПФ РАН А.Г. Кирилов; научный сотрудник ИПФ РАН Г.И. Калынова; младший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук Е.Г. Шургалина, заместитель директора по учебно-воспитательной работе МАОУ лицей № 38 М.А. Балакин; декан химического факультета

ННГУ им. Н.И. Лобачевского, доктор химических наук А.В. Гущин; ведущий научный сотрудник ИМХ РАН им. Г.А. Разуваева, доктор химических наук В.В. Семенов; старший научный сотрудник ИХВВ РАН им. Г.Г. Девятых, кандидат химических наук С.А. Адамчик; старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат химических наук Н.Л. Ермолаев; старший научный сотрудник ИХВВ РАН им. Г.Г. Девятых, кандидат химических наук Д.А. Пермин; научный сотрудник лаборатории оптической тераностики Центра биофизики ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидат биологических наук Т.А. Здобнова; доцент кафедры нейротехнологий Института биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского, старший научный сотрудник Центральной научно-исследовательской лаборатории (ЦНИЛ) НижГМА, доцент кафедры нормальной физиологии НижГМА, кандидат биологических наук А.А. Миронов; ассистент кафедры нейротехнологий Института биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидат биологических наук Т.А. Мищенко; доцент кафедры гигиены труда НижГМА, кандидат биологических наук М.М. Некрасова; старший научный сотрудник ИПФ РАН, доктор физико-математических наук В.А. Кукушкин; доцент кафедры программной инженерии Института информационных технологий, математики и механики ННГУ, кандидат технических наук, заведующий лабораторией робототехники ИТММ Н.А. Борисов; научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук Е.Н. Неруш; научный сотрудник ИПФ РАН Г.П. Волков; доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидат физико-математических наук В.Н. Филиппов; старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук С.Е. Фильченков; научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук Е.С. Семенов; младший научный сотрудник ИПФ РАН В.Ю. Климанов. Лучшие доклады участников конференции представлены в данном сборнике.

На конференции ребята выступали с устными и стендовыми докладами. В стендовой сессии, помимо научного, работали три общественных жюри: педагогическое, молодежное и школьное. Участники конференции – авторы и научные руководители исследовательских работ – стали членами жюри стендовой сессии конференции, смогли познакомиться со всеми представленными работами и выбрать наиболее интересное исследование. Выпускники научного объединения школьников «Школа юного исследователя» стали участниками молодежного жюри.

Стендовая сессия для многих участников конференции была не-привычной формой общения. Многое сложностей вызвала подготовка

постеров, отсутствие возможности сделать привычный, выстроенный заранее доклад по теме исследования, непрерывное в течение длительного периода стендовой сессии общение с участниками конференции и ответы на порой неожиданные вопросы. Несмотря на это, стендовая сессия прошла успешно и понравилась участникам.

Отличительной особенностью стендовой сессии является то, что количество задаваемых авторам работ вопросов не ограничено, а время обсуждения докладов ограничено лишь временем работы стендовой секции. В течение двух с половиной часов ни один автор не стоял без дела, это было время плодотворного общения с учеными, педагогами, студентами и школьниками. Докладчики ответили на десятки вопросов различных людей по теме своего исследования и в течение тридцати минут, отведенных каждой секции, смогли сами задать вопросы авторам представленных работ. Критериями оценки выступали: владение теоретическим материалом по теме работы; степень освоения методики исследования; понимание структуры исследовательской работы (логика построения работы, соответствие выводов поставленным задачам и степень решения последних); степень самостоятельности выполнения работы; ораторское искусство (умение представить свою работу в форме стенового доклада, четко выражать мысли, отстаивать свое мнение, внимательно слушать собеседника, вести дискуссию); качество иллюстративного материала. Завершилась стендовая сессия обсуждением работ в секциях, которое вели эксперты. Конференция школьников – это не только выбор лучших работ, прежде всего – это этап обучения юных исследователей. Поэтому важен обмен мнениями, выделение интересных подходов к решению проблем, ответы на вопросы ребят о критериях оценки, способах правильной обработки и представления результатов работы, демонстрация и разбор позитивных примеров.

Для ребят и педагогов были организованы экскурсии в лаборатории ИПФ РАН, мастер-классы и практические занятия, лекции ведущих ученых. Выражаем огромную благодарность научным сотрудникам ИПФ РАН, принявшим ребят в лабораториях института и приоткрывшим им секреты научной работы.

Большую организационную работу по подготовке и проведению региональной конференции выполнил оргкомитет конференции, в состав которого входили: В.Ф. Вдовин – ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, доктор физико-математических наук, профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева; М.Ю. Глявин – заместитель директора института по науч-

ной работе, доктор физико-математических наук, доцент ВШОПФ ННГУ им. Н.И. Лобачевского; В.В. Кочаровский – ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук; А.И. Малеханов – ведущий научный сотрудник, заместитель руководителя отделения геофизических исследований по научной работе ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук; А.М. Рейман – старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук; К.И. Рыбаков – старший научный сотрудник ИПФ РАН, доктор физико-математических наук, декан ВШОПФ ННГУ им. Н.И. Лобачевского; Е.А. Хазанов – заместитель директора, руководитель отделения нелинейной динамики и оптики, член-корреспондент РАН, доктор физико-математических наук.

Данный сборник будет интересен читателю не только представленными работами начинающих исследователей, но и практическими советами руководителям работ школьников, обобщенных председателем научного комитета Приволжского конкурса РОСТ-ISEF А.М. Рейманом.

Для становления будущего ученого огромное значение имеет общение с увлеченным человеком, который учит мыслить и анализировать, сомневаться и доказывать, делать выбор и изобретать. Именно такой, мы надеемся, станет встреча на страницах сборника с академиком Российской академии наук Андреем Викторовичем Гапоновым-Греховым. Участники летних исследовательских смен 2016 года посетили ученого в его доме в Зеленом городе и поздравили с 90-летним юбилеем. Андрей Викторович поделился с ребятами воспоминаниями о начале своего пути в науку, своих наставниках в научной работе, рассказал о становлении системы подготовки молодых научных кадров в ИПФ РАН. Основой мыслью разговора стала фраза академика, обращенная к юным исследователям: «Научная работа – своеобразное дело, вы это имейте в виду! Это некое обязательство, которое никогда тебя не оставляет. В любом месте вы будете думать о своем исследовании, будь то дома или в театре, все равно будет продолжаться ваша научная деятельность». Под названием «Научная работа – своеобразное дело!» запись интервью, которую сделали участники встречи, вошла в сборник. Знакомство с ответами ученого на вопросы ребят будет интересно не только школьникам, но и родителям, учителям и, конечно, ученым.

Примером жизни, посвященной науке, является статья доцента НГТУ им. Р.Е. Алексеева, кандидата физико-математических наук Б.В. Буллюбаша об одном из величайших ученых в истории человече-

ства Исааке Ньютоне. Его открытия были центральным событием в развитии естествознания в XVII – XVIII веках. Механика Ньютона воспринималась как идеал научной теории не только физиками, но научным сообществом в целом. Научный взгляд на деятельность Исаака Ньютона из XXI столетия представлен в данном сборнике.

Прошедший учебный год был очень насыщенным и результативным в ШЮИ. Летом 2015 года научное объединение школьников «Школа юного исследователя» стало победителем первого открытого конкурса грантов 2015 года, проводимого по распоряжению Президента РФ. В результате часть работ школьников, выполненная в ШЮИ в 2015/2016 учебном году, была осуществлена за счет средств гранта Российского союза молодежи. Для выполнения работ был закуплен новый компьютерный класс и обновлено оборудование учебной лаборатории ШЮИ. Мы выражаем благодарность Российскому союзу молодежи за поддержку коллектива ШЮИ в работе со школьниками и возможность развития этой деятельности.

Весной 2016 года в ШЮИ произошло еще одно значимое событие: программа «Школа юного исследователя» стала победителем I Всероссийского конкурса образовательных программ, проектов и методических материалов по теме «Формирование социальных компетенций детей и подростков во внеурочной деятельности, неформальном и дополнительном образовании» за лучшую программу в номинации «Профессиональное самоопределение».

Выражаем огромную благодарность педагогам, руководителям школьников, научным сотрудникам академических институтов и вузов, принимавшим участие в большой работе, итогом которой стал данный сборник. Надеемся, что материалы данного сборника помогут школьниками и педагогам найти ответы на многие волнующие их вопросы.

В ознаменование 55-летия первого полета человека в космос российские космонавты с борта МКС презентовали символику года – знак «Гагарин. Поехали!» и слоган «Подними голову!». В этот юбилейный «Гагаринский» год мы обращаемся ко всем юным исследователям: «Поднимите голову! Мир удивителен и полон тайн. Эти тайны предстоит разгадывать вам!».

*A.I. Ермилин,
E.B. Ермилина*

Научное руководство как исследовательская деятельность



Если бы мы были чересчур благоразумны, если бы мы были любопытны без нетерпения, вероятно, нам никогда не удалось бы создать науку.

Анри Пуанкаре (1854 – 1912),
французский математик и физик, создатель теоретических
основ специальной теории относительности

Наука, как и все виды искусства, требует воображения. Первое, для чего оно нужно, – это увидеть предмет исследования.

Джордж Томсон (1892 – 1975),
английский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1937)

Когда мы сможем использовать при обучении науке не только сосредоточенное внимание студента и его знакомство с символическими обозначениями, но и зоркость его глаза, остроту слуха, тонкость осязания и ловкость его пальцев, мы не только распространим наше влияние на целую группу людей, не любящих холодных абстракций, но, раскрывая сразу все ворота познания, обеспечим ассоциирование этих научных доктрин с теми элементарными ощущениями, которые образуют смутный фон всех наших сознательных мыслей и придают блеск и рельефность идеям...

Джеймс Максвелл (1831 – 1879),
английский физик, создатель классической электродинамики

Нет сомнения, что для правильного обучения современной молодежи нужно воспитывать в ней творческие способности, и делать это надо с учетом индивидуальных склонностей и способностей человека, начиная со школьной скамьи и продолжая в высших учебных заведениях. Это фундаментальная задача, от решения которой может зависеть будущее нашей цивилизации не только в одной стране, но и в глобальном масштабе.

Петр Леонидович Капица (1894 – 1984),
российский физик, академик, один из основателей физики низких температур и
сильных магнитных полей, лауреат Нобелевской премии по физике (1978)

Терехина Александра Владимировна

студентка химического факультета
ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
ШЮИ ИПФ РАН



Моим ученикам

*Мои дорогие дети,
Мои милые ученики!
Я рада была вас встретить
И в ваших глазах огоньки.*

*Ребята мои дорогие,
Вы дарите крылья мне!
Вы уйдете, придут другие,
Но таких, как вы – больше нет.*

*Вы вносите в жизнь смысл,
Вы дарите мне тепло,
В голове постоянно мысль –
Как же с вами мне повезло!*

*Я желаю вам в жизни удачи,
Пусть нелегок жизненный путь,
Бесконечной самоотдачи
И от цели своей не свернуть.*

*Я надеюсь, занятия в смене
Не напрасно прошли, не зря,
Новых знаний багаж и умений
Получили вы для себя.*

*Мне все кажется, я учусь в школе...
Я – как вы, только чуть взрослей.
И поэтому, верно, до боли,
Расставаться вдвойне тяжелей.*

*А можно (мне так будет легче),
Прощаться не будем сейчас?
Я очень надеюсь на встречу
И сердцем всегда жду вас.*

Учебная исследовательская и проектная деятельность школьника: общее и особенное



А.И. Ермилин

зав. отделом ИПФ РАН, кандидат педагогических наук

Е.В. Ермилина

зам. зав. отделом ИПФ РАН, кандидат педагогических наук

Н.И. Лапин

доцент НГПУ им. К. Минина, зав. научно-исследовательским отделом Нижегородского планетария, кандидат физико-математических наук

*Определив точно значения слов, вы избавите
человечество от половины заблуждений.*

Рене Декарт

Известно, что развитие науки характеризуется взаимосвязанными процессами дифференциации и интеграции научного знания. Процесс сближения наук, появление комплексного подхода вызвали появление понятий, общих для многих частных наук, но отличающихся от философских категорий.

В.В. Краевский

В отечественном образовании проблема многозначности базовых понятий особую остроту получила в начале XXI века. Основными причинами принято считать активное вхождение в мировое образовательное пространство и становление нового педагогического мышления. В наши дни острота педагогического разномыслия педагогической наукой и образовательной практикой осознается в разной степени. В теоретическом знании сложился новый педагогический язык, определилось содержательное наполнение большинства понятий и терминов, ориентированных на международное образование. В

образовательной практике ситуация значительно сложнее. Как правило, в учебном процессе школы, учреждений дополнительного образования, а особенно в педагогическом сознании практиков сохраняются психологические барьеры и сопротивление расширенному толкованию классических для дидактики понятий.

Цель данной статьи – показать, что с введением в примерных образовательных программах к ФГОС основного общего образования понятий «учебная исследовательская» и «проектная» деятельность возникла необходимость обсуждения и уточнения этих понятий.

Исследование – процесс поиска неизвестного, выработки новых знаний, один из видов познавательной деятельности человека. Исследовательская деятельность учащихся может быть на этой основе определена как творческий процесс совместной деятельности двух (или более) субъектов по поиску решения неизвестного, в ходе которого осуществляется обмен культурными смыслами и ценностями, переживаниями, способами деятельности, результатом которого является формирование мировоззрения. Она предполагает наличие основных этапов, характерных для научного исследования. Научное исследование, и учебное исследование в том числе, должно отвечать требованиям объективности, воспроизводимости, доказательности и точности.

В середине XX века появился и стал использоваться преимущественно в педагогической психологии термин «исследовательское обучение». В педагогике нашего времени представлено несколько технологий обучения, способствующих развитию исследовательского потенциала школьников: личностно ориентированная технология, метод проектов, проблемное обучение и др. Авторы этих технологий понимают исследование как творческий процесс познания мира и себя, воспринимают процесс обучения как субъект-субъектное взаимодействие, сотрудничество более опытного человека с менее опытным.

Понятие «проект» вошло в педагогику в начале XX века с технологиями Дальтон-плана Элен Паркхерст и метода проектов Уильяма Киллпатрика. Обе технологии были разработаны в США и имели одинаковое педагогическое обоснование. С переводом в 1923 году на русский язык книги Эвелины Дьюи «Дальтонский лабораторный план» начались попытки внедрения дальтон-плана в российских школах. В этот же период в отечественной педагогике была разработана и собственная концепция проектного обучения, во многом схожая с Дальтон-планом и получившая название «студийной системы». Все данные педагогические технологии предполагали реформу классно-

урочной системы и активное использование «лабораторного метода» обучения. При этом более правильным было бы назвать эти методы «подрядными», а не «проектными», так как в их основе лежит не разработка учеником проекта как такового, а выполнение «подряда» – программы на месяц в форме задания, которое каждый ученик получал у преподавателя по всем обязательным предметам и о выполнении которого отчитывался на итоговой конференции.

Реализация новой технологии преподавания в российской школе требовала научного обоснования. Сложилось несколько научных школ, предлагавших или сочетание традиционных учебных курсов с методом проектов, или полную замену урочной системы технологиями свободного обучения. Наибольший интерес представляют для нашего времени дискуссии о сущности проектного обучения.

Так, например, пропагандист исследовательского метода обучения в СССР И.Ф. Свадковский [4, с. 97] предлагал считать проектной только такую деятельность, которая направлена на изменение среды или решение теоретической проблемы. И.Ф. Свадковский сформулировал следующие подходы к применению проектной технологии в обучении:

- проект должен иметь практическую значимость: «Силы ребенка невелики – пусть невелики будут и его дела, но пусть это будут все-таки полезные дела... Плодом работы учеников над проектом должно быть какое-то осознательное достижение не только для них самих, но и для окружающих. Характернейший признак проекта – его результат, который и манит к себе ученика, возбуждая его деятельность, интерес, внимание, упорство в работе»;
- задание должно быть понятно ребенку и продиктовано его интересом – только такой проект имеет педагогическую ценность;
- проект – это комплекс знаний и навыков в связи с полезным делом, он должен способствовать активному изучению окружающей жизни.

«Нам нет нужды обманывать себя иллюзиями и называть проектом упражнения по чистописанию или чтение, хотя бы и сознательное и целенаправленное, – для нас важнее другое: чтобы возможно большую часть школьной работы перевести на действительные проекты, где имел бы смысл и выбор, и планирование, и критика проекта, – и возможно меньше заниматься упражнениями, не имеющими отношения к выполнению проекта», – писал И.Ф. Свадковский.

Проект (от латинского *projectus* – выдающийся вперед) – замысел, план предполагаемого или возможного объекта или состояния.

Проект всегда решает какую-либо практическую проблему, это его принципиальное отличие от исследования, цель которого – получение нового знания.

Сегодня проект, исследовательская деятельность, сократическая беседа, дискуссия рассматриваются как активные методы обучения. В примерной образовательной программе основного общего образования [5], принятой 08.04.2015 года решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, включение детей в учебно-исследовательскую и проектную деятельность рассматривается как один из путей формирования универсальных учебных действий. Участие в данной деятельности – это, прежде всего, дань ведущему в теории и практике российского образования деятельностистному подходу.

Включение учащихся в исследовательскую и проектную деятельность содержит ряд особенностей:

1) данные виды деятельности должны быть организованы таким образом, чтобы учащиеся могли реализовать свои потребности в общении со значимыми, референтными группами одноклассников, учителей. Составляя разнообразные отношения в процессе целенаправленной, поисковой, творческой и продуктивной деятельности, обучающиеся овладевают способностью переходить от одного вида общения к другому, приобретают навыки индивидуальной самостоятельной работы и сотрудничества в коллективе;

2) создание учебно-исследовательских и проектных работ дает возможность сочетать разнообразные виды познавательной деятельности, в которых могут быть востребованы практически любые способности школьников, реализованы личные интересы к тому или иному виду деятельности [6].

В качестве направлений для реализации учебно-исследовательской и проектной деятельности выделяются следующие: исследовательское, инженерное, прикладное, информационное, социальное, игровое и творческое.

Особенностью учебно-исследовательской деятельности, по мнению разработчиков программы, является «приращение» в компетенциях обучающегося, а ее ценность – в возможности учащихся взглянуть на различные проблемы с позиции ученых, занимающихся научным исследованием. Учебно-исследовательская работа рассматривается как урочная (проблемные уроки, семинары, практические и лабораторные заня-

тия) и внеурочная деятельность учащихся (научно-исследовательская и реферативная работа, интеллектуальные марафоны, конференции).

Согласно примерной программе, формы организации учебно-исследовательской деятельности на уроках могут быть следующими:

- урок-исследование, урок-лаборатория, урок-творческий отчет, урок изобретательства, урок «Удивительное рядом», урок-рассказ об ученых, урок-защита исследовательских проектов, урок-экспертиза, урок «Патент на открытие», урок открытых мыслей;

- учебный эксперимент;
- домашнее задание исследовательского характера.

Во внеурочное время предлагается использовать такие формы организации учебно-исследовательской деятельности:

- исследовательская практика;
- образовательные экспедиции – походы, поездки, экскурсии с образовательными целями, программой деятельности и продуманными формами контроля;
- факультативные занятия, предполагающие углубленное изучение предмета;
- ученическое научно-исследовательское общество;
- участие в олимпиадах, конкурсах, конференциях, предметных неделях, интеллектуальных марафонах.

На наш взгляд, далеко не все предложенные формы можно отнести к учебно-исследовательской деятельности. Олимпиады – самостоятельный вид интеллектуальных конкурсов, не имеющий с учебно-исследовательской деятельностью ничего общего, так же как и факультативы для углубленного изучения предметов. Как правило, они готовят школьников к участию в олимпиадах, но не к учебно-исследовательской деятельности. Предметные недели, интеллектуальные марафоны могут не включать исследовательской составляющей.

Специфика проектной деятельности связывается с получением практического результата, обеспечивающего решение прикладной задачи и имеющего конкретное выражение. Проектная деятельность рассматривается с нескольких сторон: продукт как материализованный результат, процесс как работа по выполнению проекта, защита проекта как иллюстрация образовательного достижения обучающегося. Защита итогового индивидуального проекта обозначена в программе как основная процедура итоговой оценки достижения метапредметных результатов. Проекты по преобладающему виду деятель-

ности предлагается разделить на следующие виды: информационный, исследовательский, творческий, социальный, прикладной, игровой, инновационный. При этом в программе в качестве результата (продукта) проекта предлагается рассматривать такие виды работ, как:

- а) письменная работа (эссе, реферат, аналитические, обзорные материалы, отчеты о проведенных исследованиях, стендовый доклад и др.);
- б) художественная творческая работа (в области литературы, музыки, изобразительного искусства, экраных искусств), представленная в виде прозаического или стихотворного произведения, инсценировки, художественной декламации, исполнения музыкального произведения, компьютерной анимации и др.;
- в) материальный объект, макет, иное конструкторское изделие;
- г) отчетные материалы по социальному проекту, которые могут включать как тексты, так и мультимедийные продукты.

Таким образом, в примерной образовательной программе к ФГОС основного общего образования учебные исследовательская и проектная деятельность принципиально различаются. Однако в тексте этой же программы есть понятия «исследовательский проект» или «проектно-исследовательская работа» школьников.

В реальной научной деятельности термин «научный проект» широко употребляется, например, гранты в «большой науке» выдаются именно под исследовательские проекты. Ученые работают в рамках исследовательских программ, а заявки на финансирование пишут в виде проектов. Таким образом, исследовательский проект в науке чаще понимается как форма подачи заявки на финансирование. Представление об исследовательском проекте в педагогической практике получило другое содержательное наполнение, поэтому в системе требований к ученическим исследованиям и ученическим проектам возникли разногласия. Суть этих разногласий, по нашему мнению, определяется психологическими барьерами при обращении к категории «творчество», когда творчеством называется любой вид деятельности или только ее отдельные виды.

Например, исследовательскую и проектную деятельность А.В. Леонович предлагает рассматривать как основные направления, определяющие содержание научно-практического образования. Таким образом, проектные работы школьников, целью которых является описание и достижение заранее спланированного результата, выделяются в отдельную область творческой работы. А.И. Савенков, напротив, считает, что проектирование нельзя считать творчеством в полной мере,

это «творчество по плану в определенных контролируемых рамках», в то время как исследование – «путь настоящих творцов» [3, с. 233].

Разработка собственного варианта решения проблемы при выполнении проекта проходит в несколько этапов: стратегический – выбор наиболее приемлемого метода решения проблемы с учетом эффективности и посильности; исследовательский – изучение возможности создания продукта выбранными методами; тактический – обсуждение приемов решения проблемы. Таким образом, кроме проектирования, моделирования и макетирования такая деятельность включает исследовательский этап, подтверждающий возможность создания продукта. Подчас создание проекта требует не меньше знаний, исследовательских умений, экспериментов, чем при исследовании какой-либо проблемы. «Ученые изучают то, что уже есть; инженеры создают то, чего никогда не было», – утверждал А. Эйнштейн.

Работа над проектом создает условия для развития у детей способности видеть собственную цель, соотносить поставленную цель и условия ее достижения, строить программу действий в соответствии с собственными возможностями, правильно распределять время, анализировать действия, рассматривать проблему с разных точек зрения, презентовать результаты своего труда, различать виды ответственности при групповой работе.

В то же время нельзя вводить ребенка в заблуждение относительно целей и результатов выполняемой работы. Учитывая частое смешение этих двух видов творческой работы учащихся в практике исследовательской деятельности, мы видим необходимость четкого их разграничения как на этапе подготовки и выполнения работы, так и при ее защите. Когда школьник выполняет работу, которую называют «исследовательским проектом», то внешние требования к этой работе формируются как со стороны исследовательских, так и со стороны проектных норм деятельности, которые по сути разные. В проекте всегда присутствует такая жанровая характеристика, как социальная значимость, а в исследованиях значимость возникает как следствие в момент применения знаний, а это не является законом жанра.

Следующими обязательными характеристиками проекта является определение целевой аудитории: «Для кого мы делаем проект?» и определение вида продукта, который мы должны получить в результате реализации проекта. Характерной чертой проекта является также пооперационная разработка, то есть перечень конкретных действий с указанием выходов, сроков и ответственных. Результатом реализации

проекта всегда является «продукт». Таким образом, проект требует более четкого и строгого соблюдения жанровых требований.

В ходе проведения учебно-исследовательской работы важно, чтобы школьник принял и осознал способы получения знания, характерные для научного исследования в целом: обоснование актуальности темы, формулировка научной проблемы, генерирование гипотез возможных путей решения данной проблемы, определение цели работы, объекта и предмета исследования, формулировка задач, определение научных методов, проведение исследования и объяснение полученных результатов, обсуждение возможных путей проверки и опровержения предлагаемой идеи, то есть проведение рассуждений для продолжения работы другими исследователями. Только тогда результатом проведения исследования станут новые знания.

Основа разграничения «учебных исследований» и «учебных проектов» заложена в самом понятии науки как деятельности с целью получения нового знания. Это знание может быть «объективно новым» (новым для всех), или субъективно новым (новым для самих школьников, его открывающих). В ходе исследования открываются знания, а в ходе реализации проекта создается объект с заданными качествами – инженерные конструкции, приборы, новые материалы, технологии. В ходе реализации социальных проектов создаются социальные эффекты. Таким образом, работу школьника можно отнести к учебным проектам, если она касается осуществления проектных замыслов инженерного, технологического и другого характера.

Проектом не может быть написание реферата, подготовка сообщения или презентации, так как реферат, статья, монография, доклад и т.д. – это лишь форма оформления и предъявления публике полученных знаний. Проектом не может быть опыт или эксперимент, являющиеся исследовательскими процедурами. Проектом не является и построенная школьником летающая модель самолета, если она создавалась по чертежам. Проектом подобная деятельность становится только тогда, когда школьник усовершенствует эту модель в рамках сформулированного самому себе технического задания – «хочу, чтобы моя модель летела быстрее, чем построенная по известным чертежам».

Следующей содержательной проблемой самостоятельной творческой деятельности школьников является классификация исследовательских работ учащихся. На практике нет четкого соотношения типов работ школьников, подчас они смешиваются или подменяются

друг другом, что обусловлено отсутствием единой научной формулировки понятий.

Исследования делят на теоретические, цель которых – новое знание о мире, и прикладные, направленные на изучение возможностей применять знания. В зависимости от применяемых методов исследования, самостоятельные творческие работы школьников можно представить как теоретические и эмпирические. Наряду с ними в исследовательской деятельности школьников часто выделяются как самостоятельные виды работ фантастические исследования, в основе которых разработка несуществующих, фантастических объектов и явлений и натуралистические описательные работы, требующие проведения наблюдения и описания явления по определенной методике с фиксацией результата. При этом описательные работы не предполагают выдвижения гипотез и попыток интерпретации результата. На наш взгляд, выделение таких типов исследовательских работ школьников неверно, так как противоречит самому понятию исследовательской деятельности, которая связана с решением творческих задач характерными для науки способами. Целесообразнее отнести данные виды работ к процессу обучения школьников методике исследовательской деятельности, его этапов, знакомящих учащихся с отдельными элементами структуры научного исследования. Сюда же, на наш взгляд, необходимо отнести и реферативные работы, содержанием которых является сбор и представление информации по избранной теме; а также экспериментальные работы, содержанием которых является постановка эксперимента с заранее известным результатом в иллюстративных целях.

К исследовательским можно отнести лишь работы, содержащие выводы о характере исследования явления на основе собранных и обработанных данных. Например, работа «Исследование скорости протекания реакций» может служить примером учебной экспериментальной работы, а тема «Исследование динамики турбулентной области в однородной жидкости» демонстрирует пример исследовательской работы.

Наша многолетняя практика организации и руководства исследовательской работой школьников позволяет предложить следующие условия ее успешности: исследовательский характер, самостоятельное выполнение, грамотное оформление и представление работы. Элементы научного исследования: новые факты, подкрепляющие известные положения, или новое освещение уже известных фактов, обобщение или систематизация материалов в свете рассматриваемой

проблемы. В этом важнейшее отличие научно-исследовательской работы от информационного доклада и реферата. При этом главным требованием к исследовательской работе школьника становится самостоятельность при проведении исследования. «Школьник понимает физический опыт только тогда хорошо, когда делает его сам. Но еще лучше он понимает его, если сам делает прибор для эксперимента. ...При конструировании прибора надо обратить внимание на выявление творческих способностей детей, давать им максимальную возможность проявить свои изобретательские склонности, хотя бы и в мелочах. Гораздо лучше прибор, который построен кустарно, самыми простыми средствами, но остроумно и самостоятельно, чем точная и аккуратная копия из курса физики, сделанная тем же учеником» (П.Л. Капица [1]). В этом ценность самостоятельной исследовательской деятельности для школьников.

Понимание структуры исследования и проекта способствует осознанию школьником требований, предъявляемых к исследовательской деятельности, методов научного познания и условий их применения, пониманию своих наклонностей и стремлений.

Большинство «исследовательских проектов», выполняемых школьниками, на самом деле – «учебные исследования». При этом в школах реализуется множество социальных проектов, и это действительно проекты, а предметных проектов очень мало. Анализируя результаты проведения региональной естественнонаучной конференции школьников «Школа юного исследователя» в течение одиннадцати лет, приходится констатировать факт низкого уровня значительного количества школьных исследовательских работ. На конференции работают секции физики, астрономии и астрофизики, биофизики и общей биологии, химии, прикладной информатики и математики. Как не удивительно, но самым распространенным методом учебно-исследовательской работы, кроме анализа литературы по теме, является социологический опрос, и это на конференции, где нет гуманитарных секций. Социологический опрос является часто основным, а в ряде случаев и единственным методом исследования в школьных работах по химии, астрономии, биологии. Создается впечатление, что в школьных научных работах представление результатов не считается обязательным. Можно выделить следующие часто встречающиеся недостатки учебно-исследовательских работ школьников:

- отсутствие собственного исследования;

- отсутствие анализа полученных данных, сравнения их с имеющимися в литературе, определения границ и условий достоверности полученных результатов;
- несогласованность выводов и решавшихся задач;
- преобладание в литературных источниках информации по теме из интернет-источников информационного характера, в том числе Википедии;
- отсутствие собственной творческой переработки информации из литературных и интернет-источников, то есть плагиат без ссылок на источник информации;
- небрежное изложение и оформление работ.

Многолетний опыт организации и проведения региональной естественнонаучной конференции школьников «Школа юного исследователя» показывает, что в 90% случаев работы, которые представляются для рассмотрения, являются реферативными. Страйтся они по простой схеме: берем много информации, желательно из разных источников, компилируем, прочитываем, а порой и без прочтывания, отправляем на конференцию. Но проблема в том, что это не исследование и не проект, и даже не реферат – это не краткое изложение материала, а списанная, не понятая автором работа, не содержащая структуры. Исследования же присутствуют лишь в незначительной части работ.

Данная печальная ситуация с исследовательской работой учащихся в школах является следствием системы обучения педагогов, а также организации системы городского научного общества учащихся (НОУ).

Основным требованием при подготовке работ на городское НОУ является объем, то есть работа, в которой изложены основные результаты исследования, должна быть не менее 15 страниц. А если вся самостоятельная работа состоит из одной страницы? Тогда необходимо искусственно увеличивать объем, добавлять информацию, которая не соответствует заявленной теме, вставлять историческую справку. Такая же ситуация складывается и при докладе на конференции: автор представляет не собственное исследование, а рассказывает историческую справку, и лишь когда время доклада завершается, переходит к собственному исследованию. Позиция руководителей и самих школьников формируется следующая: поскольку на городском НОУ требуется так, значит, такую работу можно представить и на другие конференции. В результате хорошие работы не мо-

гут быть оценены по достоинству, потому что невозможно выделить само исследование среди ненужного текста.

Один из выводов, который можно сделать – это несовершенство системы научных обществ учащихся в качестве формы презентации школьниками результатов исследования. Следует отметить и систему отбора работ на заключительный этап конкурса, которая допускает возможность присутствия работ, не соответствующих требованиям ни исследования, ни проекта, а представляют собой plagiat статьи или параграфа учебника. Докладчик уверенно представляет работу, так как руководитель сказал, что работа хорошая и нечего бояться. На отборочном этапе собирается жюри, состоящее из учителей школ района, где проходит отбор, но когда работа поступает на другие конференции, то она оказывается вне конкурса или просто не допускается к участию, так как представляет собой чужое исследование.

Основная сложность в подготовке работы на конференцию – это работа руководителя и ученика. Руководитель должен уметь проводить исследование или проект, должен четко представлять себе этапы, которые необходимо пройти, чтобы результатом деятельности получился тот продукт, который представляет законченную мысль.

Для того, чтобы добиться нужного результата, необходимо самому поучаствовать в данной деятельности. Анализ учебных программ разных специальностей педагогического университета показал, что специализированной подготовки, специализированного курса по проведению исследований просто нет. Это дополнительные часы, которые можно потратить на организацию внеклассной работы. Только в программе универсального бакалавриата на 2016/2017 учебный год появился курс «Основы научно-исследовательской деятельности». До этого все сводилось к тому, что постигать мастерство исследовательской деятельности приходилось в рамках написания курсовой работы, на которую преподавателю отводится на одного студента два часа, и в рамках квалификационной выпускной работы, где отводится десять часов на одного студента. За два часа работы со студентом удается только определить ему тему и набросать план, а в конце один раз прочитать его «opus» и с замечаниями отправить на доработку. Далее только защита. А по существу, именно при выполнении курсовой работы необходимо закладывать у будущего педагога основы научного руководства исследовательской деятельностью учащегося. Постановка проблемы, формулирование задач, написание выводов – это необходимо прорабатывать со студентом. По итогам

работы студента получаем простой результат: переписали несколько страниц книги, методички и это называется курсовой работой. Аналогично пишутся следующие курсовые работы, а далее так же пишется выпускная квалификационная работа, то есть в результате выпускник не владеет основами научно-исследовательской деятельности.

Навыки написания проекта появляются, так как чаще всего в качестве выпускной работы пишется проект. Задача ставится таким образом, что в итоге должен быть создан продукт, который можно посмотреть на компьютере (страница сайта, программа, курс для дистанционного обучения, интерактивная презентация, но никак не могут быть формулы, расчеты, рекомендации). Следовательно, студентом ставится задача, с заранее известным результатом. Работа минимально должна содержать анализ, проработку проблемы. Во главу ставится, во-первых, название, которое должно носить исследовательский характер, во-вторых, объем должен быть не менее пятидесяти страниц, список литературы включать двадцать пять источников. В итоге начинается подтягивание работы под требования, а результат работы никому не интересен. Поэтому выпускник вуза не готов к исследовательской работе и, следовательно, не готов быть руководителем исследовательской работы учащегося.

Отсутствие руководства работой – это основная проблема при подготовке учебного исследования или проекта. Конечно, руководители работ школьников отмечают: «сидели, что-то придумывали», но пока не пройдешь от начала до конца школу подготовки исследователя, сам никогда не будешь исследователем.

Подготовка руководителя-исследователя должна происходить на студенческой скамье. Примером для студента служат преподаватели, которые проводят исследования и умеют о них рассказать. А часто на лекциях преподаватель читает текст книги, во всем соглашается с автором, не строит гипотез, не имеет своего мнения на проблему. Это приводит к тому, что выпускник в работе поступает аналогично. Для данной подготовки руководителей исследовательской и проектной деятельности необходимо вводить курс по организации исследовательской работы (как проводить, какие особенности, сложности, выполнение курсовой работы как исследовательской, не компиляция литературы, а собственное решение задачи, которая пусть и имеет решение на данный момент), обеспечивать четкое руководство данной работой со стороны преподавателя, а для этого желание и умение самого преподавателя проводить исследовательскую работу.

Заключением того, что студент-исследователь готов к работе, является подготовка ученика к НОУ или иной конференции школьников.

Другой проблемой, влияющей на качество школьных исследовательских работ, является уровень и качество экспертной оценки. Практика показала пример: работа ученицы, представляющая небольшое исследование в области электродинамики, проигрывает при отборе работе, содержащей историческую справку об ученом-физике. Следовательно, подготовка исследования – это сложная работа, но и в жюри по отбору работ должны быть исследователи, а не те, кто оценивает красивую презентацию.

Учителя школ и преподаватели вузов воспринимаются школьниками как трансляторы знаний, а представители науки как носители исследовательской культуры, что наглядно проявляется в отношении школьников к различным конференциям и конкурсам. Чувство принадлежности к научному миру, общение и признание представителями «настоящей, большой» науки позволяют подростку увидеть свою дорогу в этом мире [2, с. 83 – 93]. Поэтому объективной необходимостью становится проведение различных конференций и конкурсов высокого уровня, на которых учащиеся могут представить результаты своих исследований и проектной работы, получить профессиональную оценку и советы, пообщаться по поводу своего исследования с заинтересованными референтными людьми. Такие конференции способствуют повышению исследовательской культуры школьных учителей, задают планку уровня школьных работ, способствуют установлению контактов между учителями-руководителями исследовательских работ школьников, между учителями и учеными, дают возможность дальнейшего развития интересных идей, то есть создают заинтересованное сообщество с высоким уровнем исследовательской культуры.

Подведем итоги:

1. Учебно-исследовательская деятельность – это особая форма обучения и организации деятельности учащихся, предполагающая решение учениками исследовательской задачи, итог которой предварительно неизвестен. Обязательным условием успешности такого вида учебной деятельности является прохождение основных этапов, характерных для научного исследования. Проектная деятельность – это самостоятельная деятельность ученика или группы учащихся, предполагающая последовательное осуществление этапов проектирования и получение продукта, его осмысление и рефлексию результатов деятельности.

Основное отличие учебно-исследовательской от проектной деятельности состоит в том, что результат исследовательской деятельности заранее неизвестен. Основная задача при выполнении данного вида деятельности – объяснение того, что получилось и сопоставление с известными результатами.

2. Качество учебно-исследовательской и проектной работы школьников определяется организационной и психологической готовностью школьников. Важным условием такой готовности является уровень подготовки педагогов. Работа в рамках ФГОС основного общего образования нового поколения требует не только пересмотра содержания подготовки будущих учителей, но и структурное изменение организации обучения. Студент педагогического вуза должен овладеть не только предметными знаниями и методикой преподавания предмета, но и пройти школу исследователя, чтобы стать в дальнейшем наставником для юных экспериментаторов. Необходимо повысить качество подготовки курсовых и дипломных работ, предъявляя к ним требования научного исследования.

Поскольку участие обучающихся в учебно-исследовательской или проектной деятельности стало одним из требований ФГОС ООО, постепенно помимо методики преподавания предмета студенты педагогических специальностей должны осваивать и методику учебно-исследовательской и проектной деятельности. Требования стандартов должны быть обеспечены подготовленными квалифицированными кадрами для их реализации. Низкий профессиональный уровень педагогов в данной области ведет к дискредитации самой идеи учебно-исследовательской и проектной деятельности обучающихся.

3. Учебно-исследовательская и проектная работа учащихся – это формы организации обучения, результатами которых целесообразно считать не столько расширение предметных знаний, сколько интеллектуальное, личностное развитие учащихся, повышение их компетентности в выбранной для исследования или проекта сфере, формирование умения работать самостоятельно и в коллективе, понимание смысла творческой исследовательской и проектной деятельности [6]. Поэтому осуществление данных видов деятельности имеет смысл лишь при привлечении к их осуществлению и оценке людей, профессионально «включенных» в данную деятельность, то есть ученых, инженеров, конструкторов, руководителей социальных проектов.

Литература

1. Все простое – правда... Афоризмы и размышления П.Л. Капицы / Сост. П.Е. Рубинин. – М.: Изд-во Моск. физ.-тех. ин-та, 1994. – 152 с.
2. Ермилин А.И., Ермиллина Е.В. О соотношении познавательного и научного интереса в структуре готовности школьников к научной деятельности // Исследовательская деятельность учащихся: от детского сада до вуза. Научно-метод. сборник в 2-х т. / Под. общей ред. А.С. Обухова. Т. 1.: Теория и методика. – М.: Общероссийское общественное движение творческих педагогов «Исследователь»; МПГУ, 2010. – 544 с.
3. Савенков А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению. – М.: «Ось-89», 2006. – 480 с.
4. Свадковский И.Ф. Дальтон-план в применении к советской школе. Изд. 2-е. – М.: Государственное изд-во Главполитпросвет, 1926. – 155 с.
5. Примерная основная образовательная программа основного общего образования [Электронный ресурс] // Министерство образования и науки Российской Федерации. Минобрнауки.рф/проекты/фгос-пооп.
6. Примерная основная образовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / Сост. Е.С. Савинов. – М.: Просвещение, 2011.

Простые рецепты успеха

Рейман Александр Михайлович
старший научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук,
председатель научного комитета
Приволжского конкурса РОСТ-ISEF



Эта статья посвящена вопросам подготовки школьной исследовательской работы к представлению на конкурсах, входящих в международную систему научно-инженерных ярмарок Intel ISEF [2].

Международная научно-инженерная ярмарка Intel ISEF (International Science and Engineering Fair) – всемирный ежегодный научно-технический конкурс для школьников, входящий в список образовательных программ Intel в России. В финале участвуют более 1700 школьников из более чем семидесяти стран и территорий мира. Конкурс проводится по различным областям знаний, включая математику, физику, химию, астрономию, информатику, экологию, медицину, социологию и психологию, науки об окружающей среде, робототехнику и др. По окончании конкурса победителям вручается несколько сотен различных наград, а призовой фонд Intel ISEF ежегодно составляет более 4 млн долларов. Конкурс вырос из Национальной научной ярмарки, учрежденной еще в 1950 году, а более двадцати победителей стали впоследствии Нобелевскими лауреатами, 3 получили медаль Филдса. Старт в науку через такую ярмарку описан известным популяризатором науки Митио Каку [1]: «В старших классах, работая над проектом для молодежной научной выставки, я собрал в мамином гараже ускоритель. Первым делом я отправился на фирму Westinghouse и добыл там 400 фунтов обрезков трансформаторной стали. За рождественские каникулы я намотал на школьном стадионе 22 мили медной проволоки. В конце концов я соорудил ускоритель частиц (бетатрон) на 2,3 МэВ; он потреблял 6 кВт электричества (то есть все, что можно было получить в нашем доме) и создавал магнитное поле, в 20 000 раз превышающее по мощности магнитное поле Земли. Моей целью было получить пучок гамма-лучей, достаточно мощный для создания антивещества. Этот школьный проект привел меня на Национальную научную выставку и в конце концов помог исполнить мечту – получить стипендию в Гарварде. Я сумел добиться своей цели: стать физиком-теоретиком и

пойти по стопам своего кумира, Альберта Эйнштейна».

Конкурс проводится американской неправительственной организацией Society for Science and the Public (SSP), которой удалось создать как в США, так и за рубежом многоступенчатую систему конкурсов для привлечения талантливой молодежи в науку. Начинается конкурс на уровне отдельных школ, затем участники с лучшими работами принимают участие в региональных конкурсах, которые прошли аккредитацию в SSP и официально признаны конкурсами ISEF. Победители региональных конкурсов получают право участия в финале – конкурсе Intel ISEF.

В нашей стране первым конкурсом, получившим право представлять свои работы на Intel ISEF, стал «Юниор» (НИЯУ МИФИ) более пятнадцати лет назад; сейчас таких конкурсов в России уже 6, в том числе и наш нижегородский РОСТ-ISEF, получивший статус регионального в 2008 году. Титульным спонсором региональных конкурсов является корпорация Intel в России. Победители региональных конкурсов отправляются в США на международный финал Intel ISEF, который по многолетней традиции проводится ежегодно в начале мая. Организаторы Intel ISEF поддерживают связь с бывшими финалистами в рамках Клуба ISEF, сейчас многие из финалистов уже стали руководителями работ школьников.

Как же выполнить успешную работу и попасть на международный финал? Давайте рассмотрим несколько «вредных советов», составляющих рецепты успеха, хотя нетрудно догадаться, что это лишь необходимые, но не обязательно достаточные условия для попадания в «десятку».

Совет 1. Выберите тему и руководителя

Это, пожалуй, самая сложная часть задачи. С чего начать – с выбора темы или руководителя? Чаще всего школьники идут по второму пути: обращаются в вуз или другую организацию, работающую с одаренными детьми или будущими абитуриентами, а там уже им предлагают руководителя и набор тем для исследования.

Большинство вузов предлагают для выполнения «учебно-исследовательские» темы, которые зачастую являются упрощенными копиями работ лабораторного практикума для студентов 1 – 2-го курсов. В этом случае предполагается выполнение измерений на готовой установке, не особо вникая в теорию исследуемого явления, в методологию эксперимента. Иногда такие работы под копирку вы-

полняются многие годы. Это дает возможность участвовать в мероприятиях типа «городских НОУ», дающих иногда дополнительные баллы для поступления, но ведь это не является исследованием.

В невузовских научных организациях существует стойкое заблуждение многих сотрудников, что работа со школьниками лишь отвлекает от выполнения основных задач. Тем не менее, опыт успешной интеграции академической науки и старшей школы существует, достаточно посмотреть на работы учащихся Московского химического лицея, петербургских математиков и химиков, да и на работы учеников «Школы юного исследователя», представленные в данном сборнике. Отметим, что руководителями успешных работ чаще всего является научная молодежь: аспиранты, молодые кандидаты наук, еще недавно занимавшиеся школьными работами, и способные на неформальное общение со своими подопечными. Так выстраиваются цепочки связи поколений, очень важные для сохранения научных школ высокого уровня.

Иногда, хотя значительно реже, встречаются успешные работы, выполненные в школе, дома или на даче. Стартом для таких работ служит собственное любопытство школьника, умение удивляться и желание разобраться в каком-либо явлении, будь то удар молнии в дерево, желание просверлить квадратное отверстие или научиться наилучшим образом заваривать чай. Роль руководителя в такой работе минимальна, в основном это советы, помочь в поиске литературы. Несмотря на кажущуюся простоту темы, такая работа может вырасти во вполне серьезное исследование.

Существует, однако, еще один тип работ, процветающий в школах под руководством очень активных учителей, слабо представляющих себе специфику научной работы. Иногда такие руководители сами придумывают темы проектов, иногда находят их в специализированных публикациях, тематических журналах для учителей. В последнем случае на конкурсы и конференции подаются десятки работ, выполненных по одной методике и похожих как близнецы. Иногда с такой активностью даже приходится бороться. Простейший способ обнаружения подобных работ рецензентами и экспертами конкурса – попытаться ответить на вопрос «Ну и что?» в результате прочтения. Чаще всего это помогает отсеять подобные работы (не говоря о чисто реферативных) на этапе экспертизы.

Совет 2. Выполните работу и сформулируйте результаты

Вернемся к нашим рецептам. Итак, тема и руководитель найдены. Что дальше? Дальше необходимо поставить задачи исследования. Не надо замахиваться на глобальную задачу, но хорошо иметь ее в виду. Пусть ваша работа решает небольшую задачу, которая, тем не менее, может быть важна для решения большой проблемы в будущем. Иногда школьные проекты «грешат» заявлениями типа «Пока такой лазер не изобрели, но как только изобретут, мой проект сразу же будет востребован в промышленности». А если заявленные параметры вообще невозможны?

Не стоит забывать, что пионерских задач в науке очень мало. Обязательно нужно посмотреть *публикации* по теме работы, причем крайне желательно, чтобы они были не только в Интернете (на некоторых конференциях вообще считается неприличным ссылаться на интернет-ресурсы). В таких случаях неоценима помочь руководителя.

Теперь собственно о научной работе. Иногда приходится сталкиваться с работами, в которых измерена одна определенная величина. Конечно, если измерять скорость света или заряд электрона, это и будет содержанием эксперимента. Однако чаще речь идет о поиске *закономерностей*, а для этого требуется исследовать зависимость определенных величин от одного или нескольких параметров задачи, и именно на основании такого исследования делаются выводы в работе. Особенно это важно в экспериментальных работах, независимо от области науки. В теоретических работах также присутствуют подобные элементы – исследование конкретных величин, доказательство теорем, вывод формул. Если же это инженерно-техническая работа, то в ней обязательно должен присутствовать анализ не только собственных, но и чужих решений, из которого можно было бы сделать вывод о преимуществах изобретения.

Еще один важный аспект – *актуальность* работы. Конечно, можно в 1001-й раз воспроизвести опыт Эратосфена, это интересно и позволяет представить те сложности, с которыми сталкивалась наука когда-то. Но надо ли это делать сейчас, когда радиус Земли измерен множеством способов и хорошо известен? Хочется, чтобы работа имела не только чисто учебный характер, а помогала узнать новое, помогала решить актуальную задачу.

Отдельно отметим такой важный момент, как формулировка *новизны*. Здесь встречаются два крайних случая. Первый – ничего нового вообще нет, автор воспроизводит чужой метод и получает, в

общем-то, очевидные результаты. Второй – автор предлагает решение (чаще всего это встречается в инженерных работах), не задаваясь вопросом, лучше оно или хуже, чем существующие, главное в том, что так никто не делает. Здесь стоит задуматься – а почему так никто не делает? Может, это неэффективно, сложно или просто невозможно?

Еще следует остановиться на *воспроизведимости* результатов и повторении опытов. Например, бывает, что измерения выполнены на одном больном и одном здоровом пациенте. Когда начинаешь разбираться в том, что же все-таки измерено, и можно ли судить о закономерностях на основании малого числа измерений, обнаруживаешь полное непонимание. Кроме того, особенно у биологов, зачастую отсутствуют оценки погрешностей измерения количественных характеристик. Можно ли сделать выводы о различиях между нормой и патологией, если *среднее* значение измеряемого параметра для здоровых равно 10, а для больных – 15, если внутри группы здоровых разброс (отклонение от среднего) индивидуальных значений данного параметра составляет ± 5 , а внутри группы больных – ± 7 ? Какова достоверность различий между группами? Не забывайте, что кроме средних величин есть и другие показатели, статистика – наука очень коварная.

Здесь мы пока не говорим о выводах, а лишь о полученных результатах, то есть о полученных величинах и анализе возможных ошибок и погрешностей. Иногда получается так, что измеренные величины довольно сильно отличаются от известных из литературы значений. Это не страшно, если вы понимаете причину таких расхождений. Например, если вы измеряете удельную теплоемкость материала, чаще всего вы будете получать заниженные величины, так как часть тепла будет уходить в окружающую среду, и этот уход не всегда поддается количественным измерениям. Однако проанализировать влияние различных факторов на полученные результаты – это важная составляющая работы, и если у вас есть такой анализ, это улучшает впечатление экспертов и судей о вашей работе.

Ну и в заключение этого раздела – о форме представления результатов. Физики любят графики, биологи – таблицы. Графики зависимостей – компактная и наглядная форма представления. Но графики, кроме того, позволяют сделать и более корректные выводы, просто их нужно уметь не только строить, но и анализировать, иначе можно сильно ошибиться. Один школьник утверждал, что графики бывают трех видов – прямая, парабола и гипербола. Однако это не всегда так, бывают и другие зависимости, а от того, в каком виде по-

строен график, иногда существенно зависят получаемые результаты. О том, как можно извлечь из графиков нужные закономерности, можно прочитать в [3].

Неотъемлемой частью экспериментальной культуры является ведение лабораторного журнала, в котором собираются сведения о времени и месте выполнения измерений, условиях проведения, фиксируются первичные результаты (показания измерительных приборов). Здесь же может быть отмечено, что эксперимент не удался, или результаты были нестабильны, и т.п. На некоторых конференциях судьи иногда просят показать лабораторный журнал, если сомневаются в каких-то из ваших выводов. Этот журнал не обязательно должен быть в виде рукописи, можно вести его и в электронном виде. Но очень важно, чтобы все, что происходило при выполнении работы, было зафиксировано. Несколько выдающихся результатов в экспериментальной физике были утеряны и переоткрыты заново другими людьми именно из-за небрежности ведения лабораторных журналов и невнимательности, например, открытие полупроводниковых приборов с падающим участком вольт-амперной характеристики.

Совет 3. Как лучше представить работу на конкурсе

Практически на всех конкурсах и конференциях используются две основные формы представления работы: постер и презентация. Чаще всего различия между ними минимальны, поэтому обсудим обе формы.

Для начала попробуйте написать заготовку вашего выступления с жестко заданной структурой, определив цели и задачи работы, гипотезу, использованные методы, приборы, обработку данных, результаты и их обсуждение, выводы. Затем добавьте начало и конец: в начале (если это не противоречит правилам конференции) сообщите, как к вам обращаться, название работы и место ее выполнения, а в конце презентации добавьте литературу. В результате у вас получится большой текст. А дальше начните его сокращать, оставляя несущественные детали как заготовку ответов на вопросы.

Ни в коем случае нельзя допускать очень длинное введение и увлекаться его чрезмерной общностью – работа должна быть конкретной. Даже если вы считаете, что ваша работа осчастливит человечество, не надо половину отведенного вам времени и объема использовать на вводную часть и историю вопроса. Однако совсем убирать предысторию нельзя, ведь ваша работа, скорее всего, «стоит на плечах гигантов». Обратите внимание на формулировку гипотезы. Например, целью работы может быть получение новых сверхпроводо-

дящих материалов, а гипотезой – что увеличение времени отжига в кислороде позволяет улучшить свойства этих материалов. Тогда при формулировке выводов вы можете вернуться к цели работы, ответить на сформулированный вопрос (гипотезу) и тем самым продемонстрировать, что заявленная цель достигнута, задача выполнена.

Оформляя работу в виде презентации или постера, учтите, что презентационные материалы не должны полностью повторять «письменную» работу. Постер – ваш опорный конспект, а не шпаргалка, не надо переносить на него большие фрагменты текста, они плохо воспринимаются визуально. Постарайтесь максимально использовать иллюстративный материал – графики, фотографии. Используйте отбивки (маркеры), выделение фрагментов цветом и разными шрифтами. Презентацию построить проще, так как можно разместить материал на слайдах последовательно, в соответствии с текстом выступления. Постер требует более сложной компоновки, существует несколько простых правил для улучшения восприятия. Человек воспринимает плакат, начиная с левого верхнего угла вправо и затем вниз. Это значит, что самые важные разделы вашего доклада должны быть расположены именно там: постановка задачи, полученные результаты и выводы. В левой нижней части постера и по центру можно разместить фотографии, графики и схемы. Обратите внимание на то, что все рисунки должны быть подписаны, так как вашу работу судьи видят впервые. Если на схеме или фотографии находится экспериментальная установка, можно обозначить важные части цифрами, а расшифровку вынести в подрисуночную подпись. Если приводятся формулы, то обозначения величин (особенно нестандартных) должны быть ясны.

Выберите шрифт так, чтобы информацию на постере можно было читать без напряжения зрения с расстояния не меньше 1,5 метров. То же относится и к презентации на экране – символы должны быть видны не только из первого ряда. Используйте светлые шрифты без «финтифлюшек». Школьники очень часто увлекаются разными визуальными эффектами, красивыми картинками или текстурами в качестве фона. Самое распространенное заблуждение: если постер или презентация будут красивыми, то это поможет победить. Оценивается прежде всего работа, а не художественные изыски. А вот если судья не сможет прочитать то, что написано зеленым на синем или белым на пестром фоне, впечатление от работы будет смазано. Еще школьники любят эффекты

анимации в презентациях. Здесь также стоит соблюдать меру, ведь мелькание фрагментов или фотографий очень утомляет.

Необходимо отдельно остановиться на проблеме заимствований. Школьники часто думают, что картинку, скачанную из Интернета, можно использовать без ссылок, или отсканировать картинку из учебника без ссылки на авторов. Помните – каждая картинка имеет автора. Если уж вы решили не рисовать самостоятельно, а позаимствовать чужую картинку, пожалуйста, укажите, откуда вы ее взяли, это признак определенной культуры.

И еще об одной большой теме. Не пренебрегайте проверкой правописания и пунктуации. Ничто так не раздражает судей, как грубые орфографические ошибки. Сейчас спел-чекеры позволяют отловить почти все ошибки, но неплохо бы и самостоятельно перепроверить написанное.

Теперь займемся рассказом. Конечно, вы много и упорно трудились при выполнении работы, и можете о ней рассказывать бесконечно. Но не надо этого делать. Содержание любой школьной работы можно рассказать за 5 минут. Поэтому попробуйте написать текст, рассчитанный на 4 – 5 минут при неторопливом прочтении. Обратите внимание, что устная речь отличается от текста письменной работы. Избегайте длинных цепочек сложноподчиненных предложений, проверьте, хватает ли вам дыхания при произнесении предложения, чтобы не рвать его посередине для вдоха. Постарайтесь не злоупотреблять сложными научными терминами, особенно длинными (названиями химических соединений, биологических систем и т.п.). Первая заповедь выступающего: KYSS (Keep Your Sentences Simple). Потренируйтесь на бабушках, одноклассниках и младших братьях. Однако не перестарайтесь, иначе простота речи перейдет в использование неформальной лексики. Иногда вы можете не замечать, как в вашей устной речи появляются слова-паразиты, а они могут очень сильно испортить впечатление от доклада. Попросите слушателя обратить на это внимание и начните борьба со всеми этими «типа», «ну», «эээ» и «значит».

На конференции высокого уровня ни в коем случае недопустимо читать текст по бумажке или подглядывать в шпаргалку. Ваша шпаргалка – ваш постер или презентация. Поэтому вы должны свою речь знать наизусть. Но здесь может подстерегать другая опасность – так называемая «консервированная речь». Это вызубренный текст, с которого очень легко сбиться. Представьте, что вы начали ее зачи-

тывать, и тут вам задают вопрос. Вы сбиваетесь, и приходится возвращаться к началу. Поэтому попробуйте разделить ваше выступление на структурные единицы, причем логически (вводная часть, постановка задачи, материалы и методы и т.д.). Попробуйте произносить эту речь вразбивку. Если же вы сбились – посмотрите на постер или слайд на экране, соберитесь с духом и продолжайте. Помните, что в задачи жюри не входит вас специально подлавливать или сбивать с мысли, иногда это может получиться случайно.

Если ваша работа не индивидуальная, продумайте, кто и о чем рассказывает. Не надо устраивать детский спектакль, когда каждый автор говорит одно предложение и передает слово следующему. При представлении научной работы это выглядит очень искусственно. Разделите речь на смысловые фрагменты, причем их не должно быть много. Подумайте, в чем сильная сторона каждого из выступающих. Например, выделите роли теоретика и экспериментатора. Это пригодится также и при ответах на вопросы.

Еще один совет – посмотреть на себя со стороны. Попросите кого-нибудь снять видеоролик во время вашего выступления, а потом просмотрите и проанализируйте его. Обратите внимание на особенности вашей манеры выступления: позу и движения (положение рук, зажатость, навязчивые движения конечностей, движение лицевых мышц), плавность речи и интонации (паузы должны быть логичными, а не из-за нехватки дыхания), мимика и движение глаз. Не стесняйтесь себя, поначалу вам может показаться ужасным ваш вид со стороны, но это исправляется тренировкой.

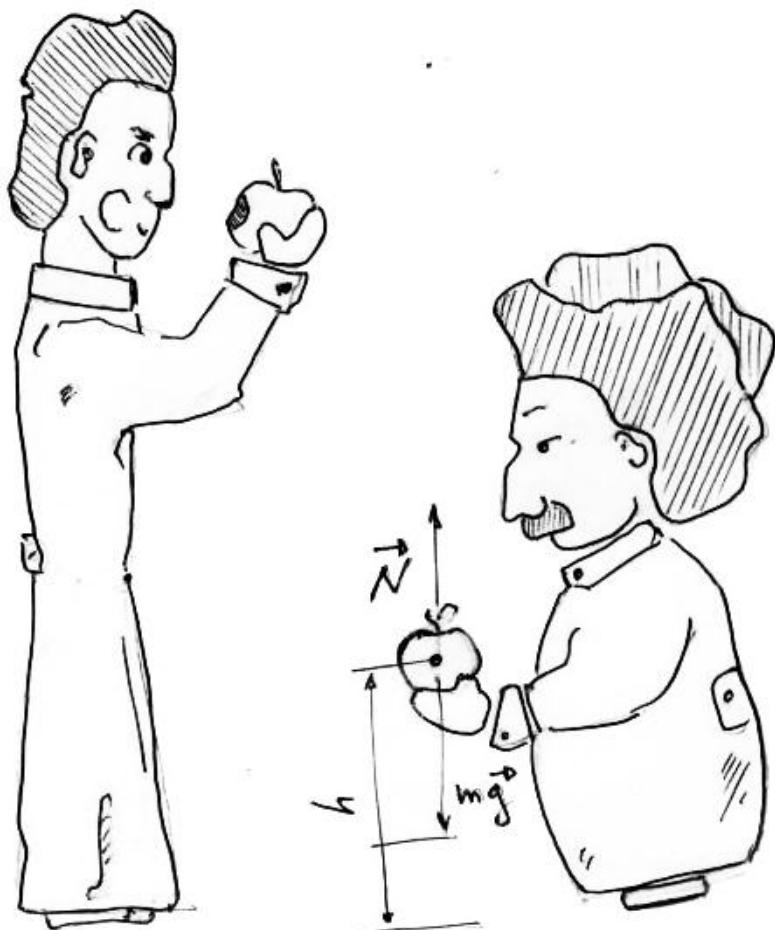
Ну и в заключение: будьте позитивны. Если вы будете докладывать с видом гладиатора, идущего на смерть, судьи просто испугаются задавать вам вопросы и вникать в суть работы. Доброжелательная улыбка – половина успеха.

Именно такого успеха можно пожелать всем юным исследователям, в особенности авторам этого сборника.

Литература

1. *Митио Каку. Физика невозможного / Пер. Н. Лисовой.* – М.: «Альпина нон-фикшн», 2012. – 456 с.
2. *Рейман А.М. Школьники в науке и школьные конференции // Школа юного исследователя: Сборник исследовательских работ учащихся.* Вып. 7. – Н.Новгород, 2014. – 204 с. – С. 11 – 19.
3. *Рейман А.М. Графики в курсе физики // Научно-методический журнал «Физика», Изд. «Первое сентября», 2015, № 2, 3, 4, 5 – 6.*

Физика



Обтекание тел различной формы потоком воздуха в аэродинамической трубе

Алексеева Ксения Александровна
10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН
Научный руководитель А.И. Цветков,
научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат технических наук



В процессе исследования были воссозданы масштабные модели спускаемых аппаратов «Союз» и «Аполлон». По результатам экспериментов была составлена примерная картина распределения скоростей потока воздуха при обтекании моделей в аэродинамической трубе. Выявлена скорость, при которой аппараты принимают положение устойчивого равновесия. Также были найдены недостатки в применении некоторых методов как способов исследования.

С середины XX века проводится активное освоение космоса и воздушного пространства. Люди придумали множество летательных аппаратов – самолеты, дельтапланы, космические корабли и спутники. Важную роль в исследовании космоса играют пилотируемые полеты. Тела различной формы по-разному ведут себя в атмосфере. Существует проблема создания летательных аппаратов оптимальной формы, сохраняющих устойчивое положение во время спуска. «Союз» и «Аполлон» были совмещенней версией наиболее удачных вариантов конструкций и более всего подходили для выполнения новых сложных задач.

Целью данной работы было экспериментальное исследование устойчивости тел различной формы при их движении в потоке воздуха на примере спускаемых аппаратов «Союз» и «Аполлон», а также выявление недостатков способов и подходов к испытаниям в аэродинамической трубе.

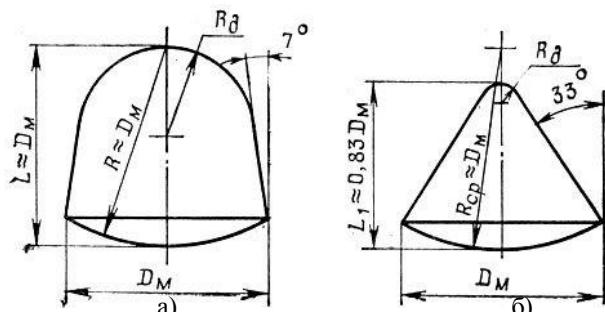


Рис. 1. Масштабные модели «Союза» и «Аполлона»

Были проведены эксперименты по обтеканию созданных на 3-D принтере масштабных моделей спускаемых аппаратов «Союз» и «Аполлон» (рис. 1) потоком воздуха в горизонтальной аэродинамической трубе. В первом эксперименте обе модели были подвешены на предварительно закрученной на несколько оборотов нити так, чтобы ось моделей сохраняла горизонтальное положение в отсутствие набегающего потока воздуха. Во втором эксперименте перпендикулярно оси через центр тяжести была продета жесткая прямая проволока. Затем калиброванным термоанемометром измерялась скорость потока вокруг моделей в разных точках. В работе использовался термоанемометр ТКА-ПКМ 52 с абсолютной погрешностью измерения скорости V движения воздуха $\pm(0,045+0,05V)$ м/с в диапазоне $(0,1\div1,0)$ м/с и $\pm(0,1+0,05V)$ м/с в диапазоне ($>1,0\div20$) м/с.

На рисунке 2а изображен аппарат «дном вперед» к потоку. Скорость потока во всех случаях около 1,2 м/с. В области носа $V=0$ м/с. На рисунке 2б аппарат стоит боком к потоку. Во всех случаях модели не поворачиваются и не меняют своего положения относительно первоначального из-за малых скоростей движения воздуха. Здесь скорость близка к нулю на стороне, противоположной обдуваемой. На рисунке 3 представлено два изображения «Союза» с разных точек обзора, расположенного под углом к потоку (закреплен на вертикальной проволоке).

По результатам экспериментов была составлена примерная картина распределения скоростей. Выявлена скорость, при которой аппараты принимают положение устойчивого равновесия, она составляла

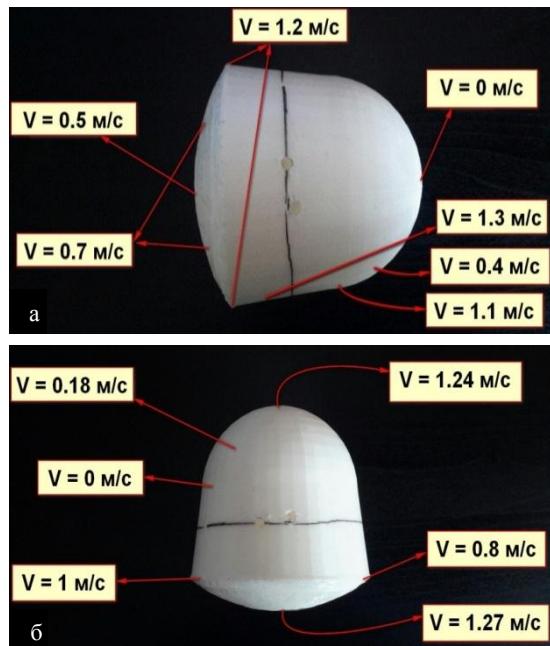


Рис. 2. «Союз» в положении носом вперед и боком

около 7 – 9 м/с, что в среднем с учетом подобия соответствует 130 – 170 км/ч в реальных условиях.

Был проведен дополнительный эксперимент с целью узнать, сможет ли аппарат вернуться в положение устойчивого равновесия из наиболее неудобной позиции. В результате выяснилось, что необходимая для этого скорость потока достигает 11 м/с или 216 км/ч. При постепенном уменьшении скорости воздуха было замечено, что при 9,5 м/с (180 км/ч) аппарат возвращается в первоначальное положение.

Для расчета подобия использовалось число Рейнольдса:

$$Re = \rho LV/\eta,$$

где Re – число Рейнольдса, ρ – плотность ($\text{кг}/\text{м}^3$), L – характеристический размер (м), V – скорость (м/с), η – динамическая вязкость ($\text{Н}\cdot\text{с}/\text{м}^2$).

При $Re < 2300$ течение потока ламинарное, если оно находится в промежутке $2300 < Re < 4000$, то течение промежуточное; при значениях больших $Re > 4000$ поток считается турбулентным. В нашем случае $Re = 7500$.

Были найдены недостатки в применении метода с использованием нитки как способа исследования, так как нить создавала дополнительную силу, препятствующую повороту аппарата. В итоге аппарат не во всех случаях принимал необходимое положение, а распределение скоростей потока искажалось. Но, несмотря на то, что из-за нити аппарат стоял не совсем ровно, под действием потока он сохранял свое первоначальное положение неизменным.

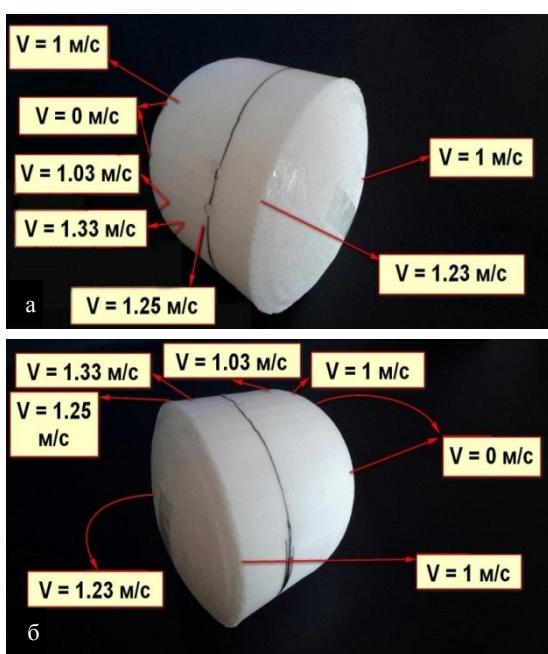


Рис. 3. «Союз» краем с разных точек обзора

Эксперимент позволил подробней изучить механизм работы летательных аппаратов и уменьшить риски при их использовании. Выявлены условия принятия аппаратом положений устойчивого равновесия и выработано примерное представление о распределении потоков.

Литература

1. Терехов Ф. Такие похожие и такие разные «Союз» и «Аполлон» [Электронный ресурс]. 20 июля 2015. <http://geektimes.ru/post/258996>.
2. Уингроу Р.К. Динамика входа в атмосферу планеты. Пер. с англ. / Под ред. П.Б. Ричардса. – М.: Наука, 1969. – С. 144 – 150.
3. Фейнман Р.Ф., Лейтон Р., Сэндс М. Физика сплошных сред. Т. 7. Фейнмановские лекции по физике. – М.: Мир, 1966. – 286 с.
4. Измерение веса командного модуля корабля «Аполлон» [Электронный ресурс] // Livejournal. <http://bigphils.livejournal.com/27754.html>.
5. Инженерный справочник таблицы TehTab.ru. Раздел: Число Рейнольдса. Введение и описание безразмерного Числа Рейнольдса – с он-лайн калькуляторами [Электронный ресурс]. <http://tehtab.ru/guide/guidephysics/vicosityreynolds/reynoldsnumbercalculators>.

Теневое эхо

Гитлина Зоя Михайловна

10 класс, МБОУ школа № 55 Н.Новгорода

Научный руководитель М.С. Гитлин,
старший научный сотрудник ИПФ РАН,
доктор физико-математических наук,
Н.В. Тюганова, учитель физики
МБОУ школа № 55



Изучены свойства теневого эха, возникающего при прохождении рассеянного некогерентного света через два параллельных растра, расположенных друг за другом на расстоянии. Экспериментально исследована зависимость положения и пространственного периода теневого эха от пространственных периодов растров и расстояния между ними, а также изучено поведение интенсивности света в плоскости возникновения теневого эха. Показано, что простая теоретическая модель хорошо описывает и объясняет результаты экспериментов.

Находясь в горах, лесу или в пустом зале, мы слышим эхо – повторение произнесенных звуков с некоторой задержкой во времени. Возникновение такого всем знакомого эха объясняется отражением звуковых волн от препятствий. Некоторые свойства отражательного эха оказались общими для ряда новых эффектов, которые были обнаружены и исследованы относительно недавно. Эти эффекты эха не связаны с отражением волн от объектов, поэтому их можно называть неотражательным эхом [1 – 5]. Характерной чертой эффектов неотражательного эха следует считать самопроизвольное восстановление отклика среды на воздействие двух или нескольких сигналов в условиях, когда отклик на каждый из них в отдельности исчезает, причем исчезновение не вызвано потерями энергии. Существует множество типов неотражательного эха: спиновое, фотонное, плазменное эхо и т.д. [1 – 5]. Эффекты неотражательного эха используются в спектрографии, голографии, для измерения параметров атомов и молекул, для диагностики плазмы, газов, жидкостей и твердых тел, обработки сигналов в оптических процессорах. Простая экспериментальная демонстрация пространственного неотражательного эха была предложена А.А. Веденовым и А.М. Дыхне несколько десятилетий назад [1]. Эхо, которое наблюдалось в этих экспериментах, называется теневым. Целью данной исследовательской работы являлось изучение

явления теневого эха как одного из наиболее интересных и наглядных представителей большого класса эффектов неотражательного эха. В частности, нам нужно было теоретически и экспериментально изучить причины возникновения и основные свойства теневого эха, а также оценить перспективы практического использования этого явления.

Схема эксперимента А.А. Веденова и А.М. Дыхне показана на рисунке 1. Два растра с разными периодами Λ_1 и Λ_2 располагались параллельно на некотором расстоянии друг от друга. Первый растр был расположен в плоскости $x=0$, второй – в плоскости $x=d$ (рис. 1). Раstry освещались рассеянным светом от

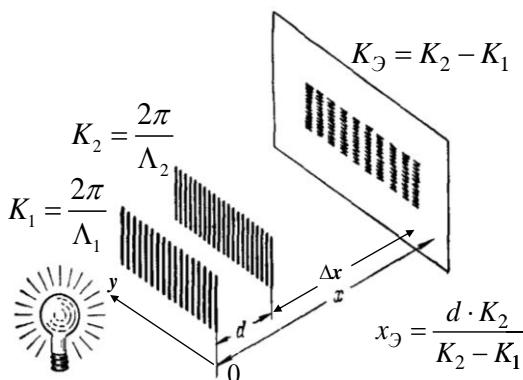


Рис. 1. Эксперимент по наблюдению теневого эха

окна или матовой лампы. При прохождении света через растры происходит пространственная модуляция света по интенсивности, и за растрами наблюдаются полосы света и тени. По мере удаления от растра тень от него становится более размытой, а распределение освещенности приближается к равномерному. Это происходит потому, что падающий свет является рассеянным, то есть распространяется под разными углами к поверхности растра. Однако, если $\Lambda_1 > \Lambda_2$, то на экране, удаленном от первого растра на расстоянии

$$x_3 = \frac{d \cdot \Lambda_1}{\Lambda_1 - \Lambda_2}, \quad (1)$$

отчетливо видны периодические полосы света и тени, то есть наблюдается явление типа неотражательного эха. При удалении от плоскости x_3 теневое эхо исчезает. Пространственный период теневого эха равен:

$$\Lambda_3 = \frac{\Lambda_2 \Lambda_1}{\Lambda_1 - \Lambda_2}. \quad (2)$$

Проведенные нами расчеты показали, что в окрестности плоскости x_3 возникает гармоническая пространственная модуляция интенсивности света по закону:

$$I(x_3, y) = \frac{I_0}{4} \left\{ 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{4}{\pi} \right)^2 \cos[(K_2 - K_1)y + \psi_2 - \psi_1] \right\}, \quad (3)$$

где I_0 – интенсивность падающего рассеянного некогерентного света, $K_1 = 2\pi/\Lambda_1$ и $K_2 = 2\pi/\Lambda_2$ – волновые числа коэффициента пропускания первого и второго растра соответственно, ψ_1 и ψ_2 – фазы коэффициентов пропускания.

Мы провели эксперименты, подобные проделанным А.А. Веденовым и А.М. Дыхне [1]. Но кроме демонстрации эффекта теневого эха, которое было ими сделано, нами были экспериментально исследованы важные характеристики и свойства теневого эха, а также проведено сравнение результатов экспериментов с результатами расчетов. Фотография нашего эксперимента показана на рисунке 2. Источником света являлась люминесцентная лампа, которая для увеличения равномерности освещения и дополнительного рассеяния света была покрыта листом кальки. В качестве растров были использованы лавсановые пленки, на которых на лазерном принтере были периодически напечатаны черные полосы. Ширина черных полос равнялась половине пространственного периода данного растра. Экраном для наблюдения света служило матовое стекло. Были проведены эксперименты по исследованию зависимости положения и пространственного периода Λ_3 – эха от пространственных периодов перв-

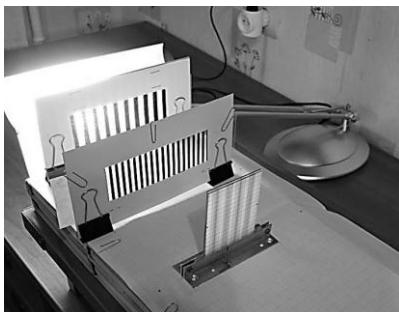


Рис. 2. Фотография эксперимента по исследованию теневого эха

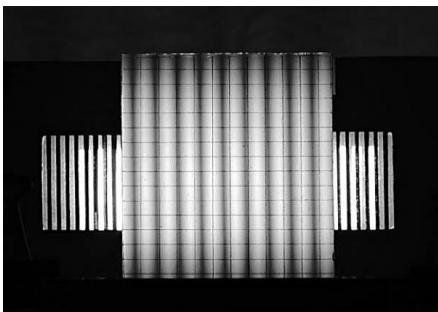
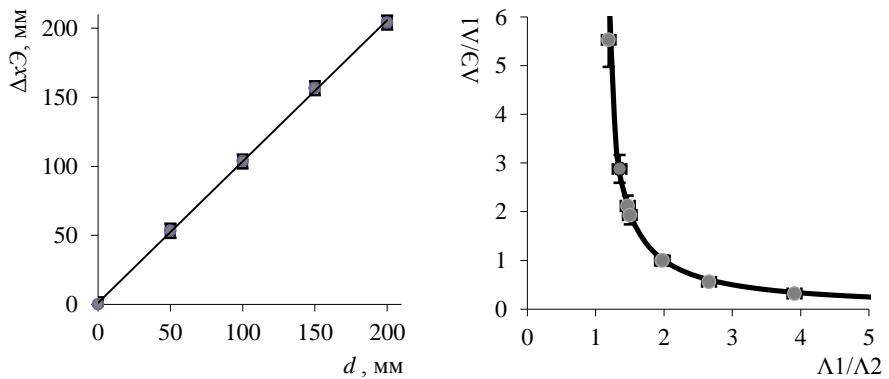


Рис. 3. Фотография изображения теневого эха на экране

вого и второго растра и расстояния между ними. Использовались рас-
тры с пространственными периодами 12,5 мм, 8,5 мм, 6,3 мм и 3,2 мм.
Пространственный период первого растра был больше периода второ-
го ($\Lambda_1 > \Lambda_2$), то есть выполнялось необходимое условие для возник-
новения эха. Расстояние между растрами было в несколько раз боль-
ше, чем расстояние, на котором исчезала тень от первого растра (при
 $\Lambda_1 = 6,3$ мм длина тени была около 30 мм). На рисунке 3 показана
фотография матового экрана, на котором хорошо видно теневое эхо.

На рисунке 4а точками показан экспериментальный график зави-
симости расстояния между плоскостью эха ($\Delta x_3 = x_3 - d$) и вторым
растром от расстояния между растрами d , которая была измерена при
 $\Lambda_1 = 6,3$ мм и $\Lambda_2 = 3,2$ мм. Сплошной линией показана зависимость
 $\Delta x_3(d)$, которая была рассчитана по формуле (1) при $\Lambda_1/\Lambda_2 = 2$. Со-
гласно теории, координата плоскости теневого эха возрастает прямо
пропорционально расстоянию между растрами. На рисунке 4б точка-
ми показана экспериментальная зависимость нормированного про-
странственного периода теневого эха Λ_3/Λ_1 от отношения простран-
ственных периодов первого и второго растров Λ_1/Λ_2 . Сплошной ли-
нией показан график зависимости Λ_3/Λ_1 от Λ_1/Λ_2 , который был рас-
считан по формуле (2). Как видно на рисунке 4, результаты экспери-
ментов совпадают с результатами расчетов.



а – расстояния до плоскости теневого
эха от дистанции между растрами

б – нормированного периода эха от
отношения периодов растров

Рис. 4. Зависимости

Был проведен специальный эксперимент по проверке соотношения (2), согласно которому распределение интенсивности света в плоскости теневого эха описывается гармоническим законом. В нем были использованы два растра с $\Lambda_1 = 12,5$ мм и $\Lambda_2 = 6,3$ мм. Расстояние между ними составляло 150 мм. На место экрана устанавливался датчик люксметра – прибора, измеряющего интенсивность света. Для обеспечения необходимой локальности измерения яркости света на датчик была наклеена черная бумага, в которой была прорезана вертикальная щель высотой 15 мм и шириной 1 мм. Датчик люксметра был установлен в плоскости эха, то есть на расстоянии 150 мм

от второго растра. На рисунке 5 показана зависимость интенсивности света в плоскости теневого эха от координаты y , которая была измерена в эксперименте (точки), и зависимость, рассчитанная по формуле (3) (сплошная линия)

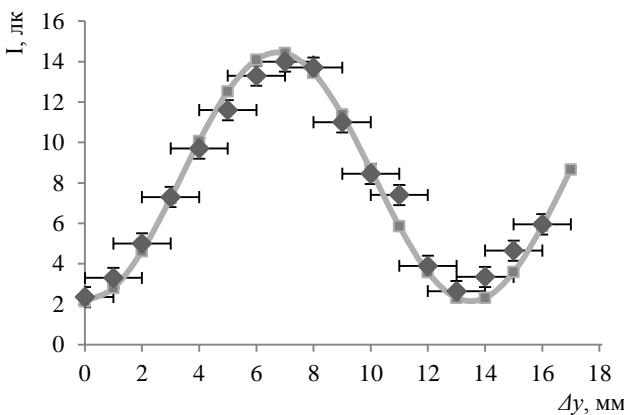


Рис. 5. График зависимости интенсивности света в плоскости теневого эха от координаты

ния). На рисунке 5 результаты экспериментов тоже совпадают с результатами расчетов.

Таким образом, в работе впервые подробно исследованы свойства теневого эха. Было показано, что относительно простая теоретическая модель хорошо описывает и объясняет результаты экспериментов. Результаты наших исследований могут быть использованы при изучении других типов неотражательного эха, например, плазменно-пучкового эха, эха в транспортных потоках. Проведенные эксперименты также вселяют надежду, что эффект теневого эха может найти практическое применение при измерении качества поверхностей или микроструктур, точном определении малых расстояний между ними, обработке изображений и т.д. Особенно полезными такие методы могут быть в тех случаях, когда для измерений необхо-

димо использовать электромагнитное излучение диапазонов, в которых отсутствуют источники когерентного излучения (лазеры, мазеры), например, в далеком инфракрасном или рентгеновском диапазоне.

Литература

1. *Кадомцев Б.Б.* Коллективные явления в плазме. – М.: Наука, 1976. – 239 с.
2. *Копвиллем У.Х.* Эхо в физике. – М.: Знание. Новое в жизни, науке, технике. Сер. Физика. 1981. № 8. – 64 с.
3. *Маныкин Э.А.* Спиновое и фотонное эхо // Соросовский образовательный журнал. 1998, № 6. С. 88 – 94.
4. *Маныкин Э.А., Самарцев В.В.* Оптическая эхо-спектроскопия. – М.: Наука, 1984. – 270 с.
5. *Самарцев В.В., Рассветалов Л.А., Куркин М.И.* Задержка света в пути и другие необычные явления в оптике // Природа. 2002, № 5. С. 63 – 71.

Новый метод обнаружения морских течений по данным радиолокатора

Дмитричева Анастасия Алексеевна
8 класс, МАОУ школа № 149, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель М.А. Панфилова,
младший научный сотрудник ИПФ РАН



В работе исследованы данные космического радиолокатора со спутника миссии Global Precipitation Measurement над морской поверхностью. Радиолокатор сканирует поверхность Земли, максимальный угол падения излучения равен 17 градусам. Было замечено изменение сигнала в районе Антильского течения и предложено теоретическое объяснение данного явления. В рассматриваемой области направление ветров и ветровых волн совпадает с направлением течения. Рассмотрена трансформация волны на течении, а также отражение сигнала радиолокатора морской поверхностью. Показано, что волна на попутном течении становится более пологой. При этом сигнал, возвращающийся в локатор при малых углах падения, растет, а сигнал для больших углов уменьшается, что и наблюдалось по данным радиолокатора. Наше исследование можно применить для создания алгоритма при обнаружении течений.

В настоящее время на орбите находятся десятки спутников, предназначенных для сбора данных о поверхности Земли. Среди них имеются приборы, которые получают информацию о поверхности Земли, зондируя ее поверхность электромагнитными волнами СВЧ-диапазона. Обычно на таких спутниках используют волны длиной от 8 мм до 20 см. Зондирование происходит следующим образом: антenna, установленная на спутнике, излучает электромагнитную волну. После отражения от поверхности Земли волна принимается антенной, и по интенсивности принятого сигнала судят о характере неровностей на поверхности Земли. Преимущества такого метода зондирования состоят в том, что радиоволны сантиметровой длины способны проходить сквозь облака, поэтому данные о поверхности Земли можно получать в облачную погоду, в темное время суток и в любое время года. В 2014 году был выведен на орбиту спутник GPM (Global Precipitation Measurement). Основной задачей этого проекта было определение пространственного распределения осадков по измерениям двух сканирующих радиолокаторов, установленных на борту спутника. У одного локатора длина волны 8 мм и ширина

полосы засветки 125 км. У другого локатора длина волны 21 мм, ширина полосы засветки 245 километров. В нашей работе рассматриваются данные со второго локатора. Сканирующий луч этого

локатора максимально отклоняется от вертикали на 17° . Пятно засветки движется по земле с шагом 5 км, размер самого пятна тоже равен 5 км. Данные со спутника находятся в интернете в свободном доступе [3].

Рассматривая треки спутника над Атлантическим океаном вблизи Карибского моря, мы обнаружили аномалии в сигнале радиолокатора, которые повторялись на протяжении нескольких дней (рис. 1). Сигнал локатора на том участке увеличился для малых углов падения и уменьшился для больших (рис. 2). Мы предположили, что эти изменения связаны с Антильским течением, которое проходит в данном районе.

Трансформация волны на течении

Монохроматическая волна определяется частотой и волновым числом:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, k = \frac{2\pi}{\lambda},$$

где λ – длина волны, T – ее период. Фазовая скорость волны равна:

$$c = \frac{\omega}{k}. \quad (1)$$

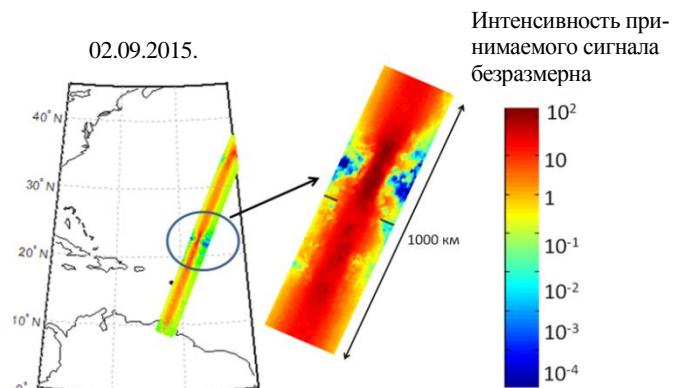


Рис. 1. Изменения в сигнале радиолокатора

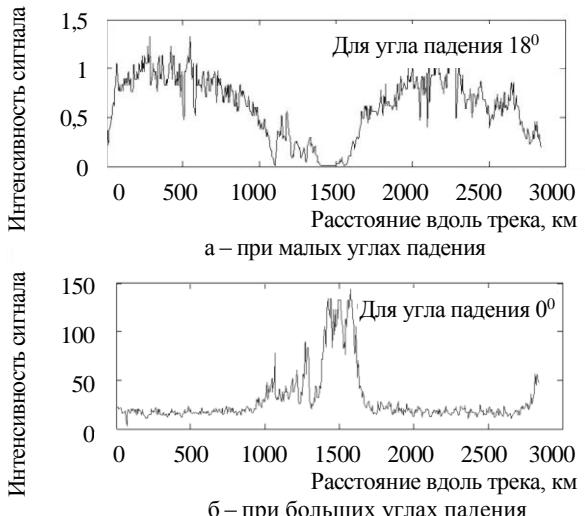


Рис. 2. Изменения сигнала

Волны на воде обладают дисперсией. Это явление заключается в том, что скорость волны зависит от ее частоты (волнового числа). Для гравитационных волн на глубокой воде, где глубина водоема много больше длины волны, фазовая скорость волн выражается следующим образом через длину волны и ускорение свободного падения:

$$c = \sqrt{\frac{g}{k}} = \sqrt{\frac{\lambda g}{2\pi}}. \quad (2)$$

Рассмотрим трансформацию волн на течении. Пусть монохроматическая волна бежит вдоль течения, скорость которого u . Волна набегает на течение из области, где течения нет. В этой области частота волны равна ω_0 , волновое число равно k_0 , фазовая скорость волны равна $c_0 = \sqrt{g/k_0}$. В той области, где течение есть, частота волны в системе отсчета, связанной с течением, равна ω , волновое число равно k , фазовая скорость равна $c = \sqrt{g/k}$. Учитывая преобразования координат при переходе из системы отсчета, связанной с течением, в систему отсчета Земли, можно получить [2] то, что частота волны в системе отсчета Земли равна:

$$\omega_1 = uk + \omega. \quad (3)$$

Если течение является попутным для волны, то $u > 0$, если встречным, то $u < 0$.

Параметры волны и течения со временем не меняются. Известно, что в этом случае частота волны вне течения равна частоте на течении:

$$\omega_0 = \omega_1 = uk + \omega. \quad (4)$$

Из уравнения (1) следует, что $\omega_0 = ck_0$, $\omega = ck$.

Из уравнения (2) следует, что $k_0 = g/c_0^2$, $k = g/c^2$. Подставляя эти показания в уравнение (4), получим квадратное уравнение

$$c^2 - cc_0 - uc_0 = 0. \text{ Решая его, получим } c = c_0 \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{1 + \frac{4u}{c_0}} \right).$$

Второе решение со знаком минус соответствует волне, бегущей в обратную сторону, его мы не будем рассматривать. Из уравнения видно, что если $u > 0$ – течение попутное, то $c > c_0$, и из формулы (2) следует, что $\lambda > \lambda_0$ – длина волны на течении увеличивается. Если $u < 0$ – течение встречное, тогда $c < c_0$, и из формулы (2) следует, что $\lambda < \lambda_0$, длина волны на течении уменьшится. В литературе [2] имеется решение задачи об изменении амплитуды волн на течении. На попутном течении амплитуда волн уменьшается, а на встречном течении растет. При таких условиях наклоны волн уменьшаются.

Сигнал, принимаемый над морской поверхностью.
Зависимость величины принимаемого сигнала от угла падения

Для описания рассеяния сигнала морской поверхностью при зондировании под малыми углами падения (углы от 0 до 18 градусов считаются малыми) применяют квазизеркальную модель. Разобьем поверхность волны на маленькие плоские площадки. Каждая из площадок отклонена относительно невозмущенной поверхности на некоторый угол α . Падающее излучение представим в виде множества практически параллельных лучей.

Пусть угол падения электромагнитной волны на поверхность воды равен некоторому θ . Согласно закону отражения, в локатор придут лучи от тех площадок, для которых значение угла α близко к θ (рис. 3).

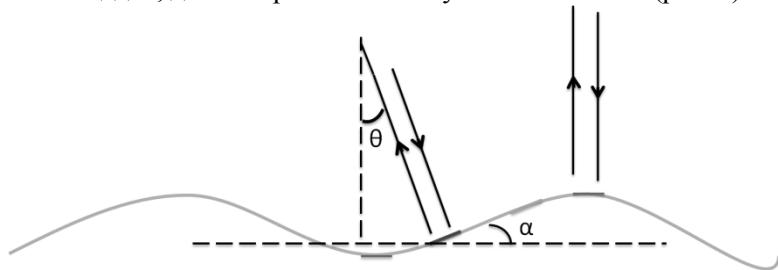


Рис. 3. Схема отражения электромагнитной волны от морской поверхности при малых углах падения

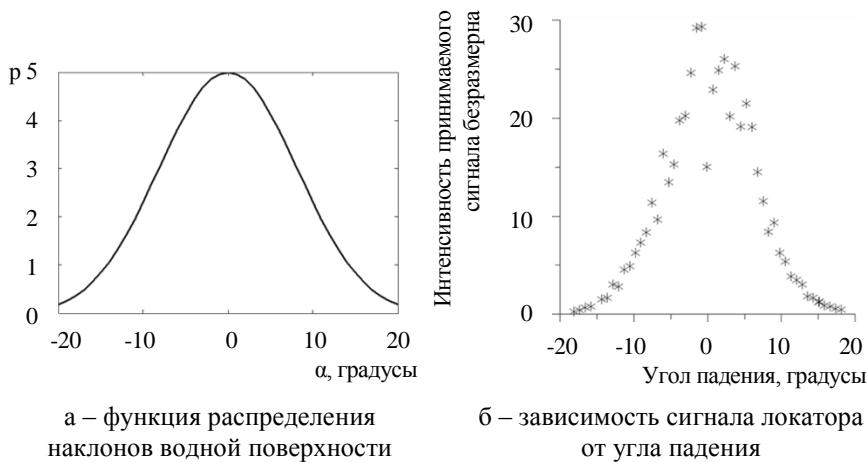


Рис. 4. Данные радиолокатора

Следовательно, величина сигнала, принятого локатором, зависит от площади, занимаемой площадками, наклоненными относительно гладкой поверхности на угол, равный углу падения.

Известно, что количество площадок уменьшается с увеличением угла наклона, то есть функция распределения уклонов водной поверхности имеет вид как на рисунке 4а. Следовательно, с увеличением угла падения уменьшается и принимаемый локатором сигнал. Эту зависимость мы подтвердили по данным радиолокатора (рис. 4б).

Гипотеза об изменении сигнала на течении

Судя по картам ветров и течений в рассматриваемой области, течение является попутным для ветровых волн. Когда волна набегает на попутное течение, ее наклоны уменьшаются. Волна станет более пологой, поэтому увеличится площадь, занимаемая участками, которые дают вклад в сигнал при малых углах падения ($\approx 0^\circ$). Следовательно, сигнал для маленьких углов падения увеличивается. Площадь, занимаемая участками при больших углах падения, уменьшится, а значит уменьшится и сигнал. Именно такие изменения в сигнале были замечены нами на заинтересовавшем нас участке трека спутника. Полученные результаты могут служить основой для разработки метода обнаружения течений по данным спутника GPM. Однако необходимо обработать большее количество данных для того, чтобы проверить гипотезу.

Литература

1. *Басс Ф.Г., Фукс И.М.* Рассеяние волн на статистически неровной поверхности. – М.: Наука, 1972. – 424 с.
2. Практикум по динамике океана / Под ред. А.В. Некрасова, Е.Н. Пелиновского. – СПб: Гидрометеоиздат, 1992. – 317 с.
3. Сайт «National aeronautics and space administratio» [Электронный ресурс]. <http://pmm.nasa.gov/data-access/downloads/gpm>.

Детектирование различных движений человека с помощью пьезоэлектрического акселерометра

Долоскова Яна Станиславовна

9 класс, МБОУ СОШ № 66, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Гордеева,
научный сотрудник НГТУ им. Р.Е. Алексеева



В работе проведено детектирование различных видов движения человека с помощью акселерометра. Рассмотрены несколько характеристик принимаемого сигнала и найден критерий для определения резких и опасных движений. Результаты работы актуальны для наблюдения за людьми, имеющими проблемы с самостоятельным передвижением.

Пьезоэлектрический акселерометр (ПЭА) – электромеханический датчик-преобразователь, измеряющий проекцию кажущегося ускорения. При его перемещении, то есть ускорении, сейсмическая (инерционная) масса во внутренней конструкции воздействует на чувствительную массу – пьезоэлектрический элемент, который пропорционально преобразует действующую на него силу в электрический заряд, что происходит из-за деформации доменов в кристаллической решетке вещества самого пьезоэлемента [2] (рис. 1).

Предусили-
тель преобразу-
ет электриче-
ские заряды от
ПЭА в сигналы
напряжения,
которые оциф-
ровываются в
контроллере NI
PXI-1042(Q) и
поступают в
компьютер для
 дальнейшей об-
работки.

В данной
работе приме-
нялся ПЭА типа

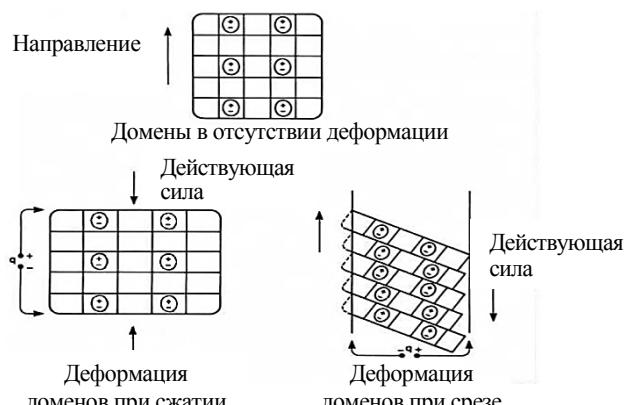


Рис. 1. Схематическое изображение преобразования пьезоматериалом прикладываемой к нему силы в электрическую энергию из-за деформации доменов в кристаллической решетке поляризованного материала

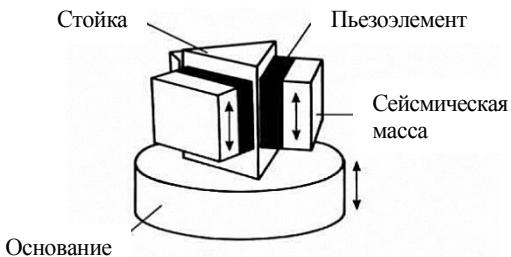


Рис. 2. Упрощенная схема конструкции ПЭА типа 4369

Описанный акселерометр использовался для детектирования различных движений человека и обнаружения опасных ситуаций в определенный момент времени, что может быть использовано для контроля над людьми, имеющими проблему с самостоятельным передвижением. Подобная задача решалась, например, в работах [3] и [1], но с другим типом акселерометров, позволяющих измерять независимо все три компоненты ускорения.

В эксперименте ПЭА перемещался вместе с человеком во время обычных движений (ходьба или бег). Также были смоделированы опасные ситуации с манекеном человека (удар и падение). В экспериментах с падением акселерометр был обернут в мягкую ткань для того, чтобы избежать отскоков от пола. В остальных случаях акселерометр был прижат к поясу человека эластичным ремнем. Измеренные зависимости напряжения от времени были записаны и обработаны. Первичные необработанные графики показаны на рисунке 3. Все результаты измерений приведены в произвольных единицах.

Видно, что даже по необработанным данным можно отличить один вид движения от другого. Однако целью работы было найти простой критерий, сигнализирующий об опасности, единый для всех движений. Для этого из начальных данных были вычислены три характеристики:

$$V_{rms} = \sqrt{(\sum_{i=1}^n V_i^2)/n} - \text{среднеквадратичное значение};$$

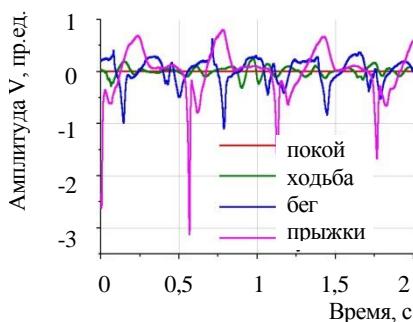
V_{max} – пиковое значение;

$$V_p = \frac{V_{max}}{V_{rms}} - \text{пикфактор.}$$

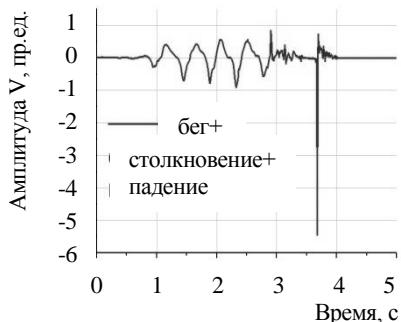
Все три величины вычислялись на интервале времени dt . Результаты вычислений представлены на рисунке 4.

После анализа графиков на рисунке 4 было решено, что кандидатами для выбора критерия опасности являются V_{rms} и V_{max} . Но из-за большого разброса амплитуд безопасных и опасных движений было выбрано именно пиковое значение V_{max} .

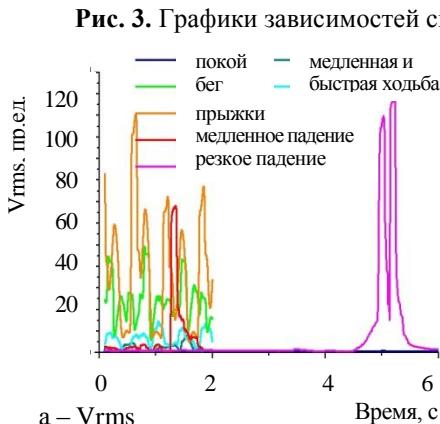
4369 «Büel&Kjæg». В его конструкции использованы три пьезоэлемента (рис. 2), прикрепленные к стойке из ферроэлектрической керамики, заряды с которых складываются и далее преобразуются усилителем заряда типа 2635 в сигнал напряжения.



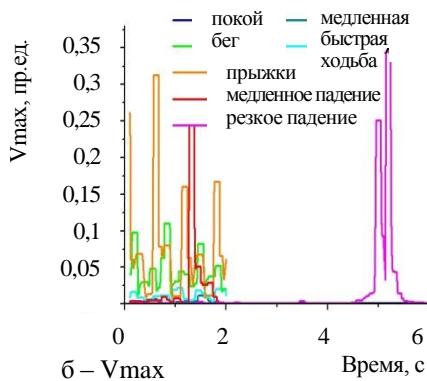
а – «безопасное» движение
(покой, ходьба, бег, прыжки)



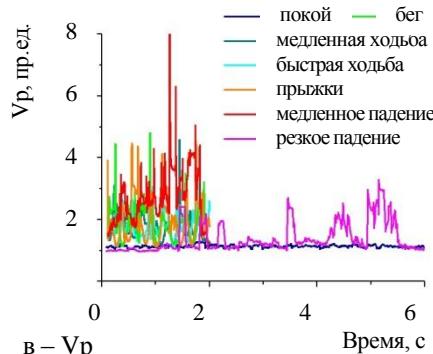
б – пример падения



а – V_{rms}



б – V_{max}



в – V_p
б – пример падения

Кроме этого, обработка проводилась для нескольких интервалов усреднения dt . При его увеличении до 0,2 с сигналы V_{max} от движений на графике становились более отчетливыми. Далее пиковые значения сигналов при интервале усреднения 0,2 с сравнивались для десяти различных экспериментов с опасными движениями, в особенности с падениями. Максимальный сигнал от одного падения достиг более 1 пр.ед.,

тогда как минимальный – всего 0,13 пр.ед.

В качестве ис-
комого критерия
опасности был
введен уровень
НОД (наличие
опасного движе-
ния), при превы-
шении которого
должен посыпать-
ся сигнал о том,
что произошла
опасная ситуация.
Уровень НОД
0,2 пр.ед. выбран
таким образом,
что большинство
опасных движений (9 из 10 в данном случае) превышают его (рис. 5). Отметим, что при данном уровне сигналы от некоторых слабых падений не распознаются как опасные. Однако дальнейшее понижение НОД не представляется целесообразным, так как V_{max} от прыжков, которые не являются опасным видом движения, начинают превышать НОД и приведут к ложному срабатыванию. Это проиллюстрировано на рисунке 5. Но если принять во внимание тот факт, что человек с травмой не будет прыгать намеренно и имеет наибольшую возможность упасть сразу после прыжков, то последние вполне могут представлять собой опасный вид движения. На основании этих фактов решено, что уровень наличия опасного движения на значении V_{max} , равный 0,2 пр.ед., приемлем и наиболее оптимальен.

Выводы

В ходе работы удалось выбрать оптимальную характеристику V_{max} для обработки первичных сигналов, детектировать различные движения человека, установить наличие опасных движений, а также определить их наличие относительно уровня V_{max} , равном 0,2 пр.ед. Полученные результаты являются значимыми для удаленного детектирования опасных движений людей, имеющих проблемы с самостоятельным передвижением. В дальнейшем планируется оптимиза-

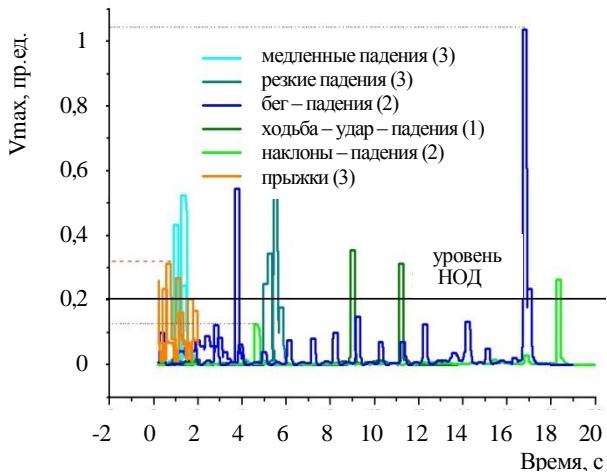


Рис. 5. Детектирование опасных движений относи-
тельно уровня 0,2 пр.ед. по пиковым значениям сиг-
налов. Ложные сигналы напряжения от прыжков;
отсутствие сигнала от некоторых опасных движений

ция обрабатывающих программ и установки их на основе ПЭА для более удобного использования.

Литература

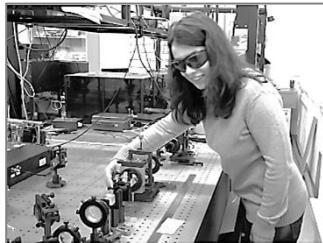
1. Воронов А.С., Калигин Н.Н. Интеллектуальный алгоритм определения падения человека // Ползуновский альманах. 2015, № 1. С. 99 – 103.
2. Сэридж М., Лихт Т.Р. Пьезоэлектрические акселерометры и предусилители. Справочник по теории и эксплуатации // Глюструп, Дания. Март 1987. – 188 с.
3. Цзя Н. Обнаружение падения человека с помощью акселерометра // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. 2009, № 5. С. 54 – 58.

Преобразование оптических изображений в призме Дове

Ерухимова Наталья Викторовна

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Е.И. Гачева,
младший научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук



Получение лазерных импульсов трехмерной эллипсоидальной формы с резкой пространственно-временной границей является актуальной задачей в приложении к лазерным драйверам для фотоинжекторов электронов. Один из наиболее перспективных подходов к трехмерному профилированию лазерных импульсов позволяет накладывать двумерную маску в пространстве «время – поперечная координата» за проход. Поперечные распределения импульса приближаются к окружности путем увеличения числа проходов с поворотом пучка вокруг оси распространения между проходами. Для поворота оптических изображений может быть использована призма Дове. В данной работе исследовано влияние призмы Дове на поперечное сечение лазерного пучка, определены френелевские потери и поляризационные свойства призмы. Предложена четырехпроходная схема для получения лазерного импульса с восемьмиугольными сечениями, убывающими со временем по эллиптическому закону.

В настоящее время наиболее перспективным направлением развития ускорителей с ультрамалым эмиттансом электронного пучка является использование фотоинжекторов, в которых фотокатод облучается профицированным в трех измерениях лазерным импульсом, за счет чего инжектируется соответствующим образом профицированный электронный импульс. Теоретически доказано, что минимально возможный эмиттанс (физическая величина, характеризующая разброс ансамбля частиц по координатам и скоростям) достигается на электронном импульсе эллипсоидальной формы. Отсюда возникает экспериментальная задача создания трехмерных эллипсоидальных лазерных импульсов с резкой пространственно-временной границей.

Исходным материалом для формирования эллипсоидального распределения служат импульсы с шириной спектра 8 нм, что соответствует длительности спектрально ограниченного импульса 200 фс. Затем излучение приобретает линейную частотную модуляцию (или чирп), в результате чего импульс растягивается до 20 пс, а каждому моменту времени внутри него соответствует своя длина волны.

В подходе, предложенном в ИПФ РАН, профилирование лазерного импульса во времени происходит через спектр (рис. 1а). Если отразить пучок от дифракционной решетки, спектральные, а значит, и временные компоненты разделяются по пространству (по оси x). А ось y будет соответствовать прежней вертикальной оси в поперечном сечении пучка. Двумерная маска, прозрачная внутри эллипса и непрозрачная снаружи, вырежет область внутри цилиндрической поверхности ортогональной плоскости $y-t$. То есть за один проход схемы профилирования с точки зрения управления поперечным распределением нам доступны лишь одномерные «шторки», расстояние между которыми меняется во времени внутри импульса по эллиптическому закону.

Чтобы приблизить поперечное распределение к кругу, предлагаются организовать 4 прохода схемы профилирования, поворачивая пучок вокруг оси распространения на 45° между проходами при помощи призмы Дове, и получить в поперечном сечении восьмиугольник (рис. 1б).

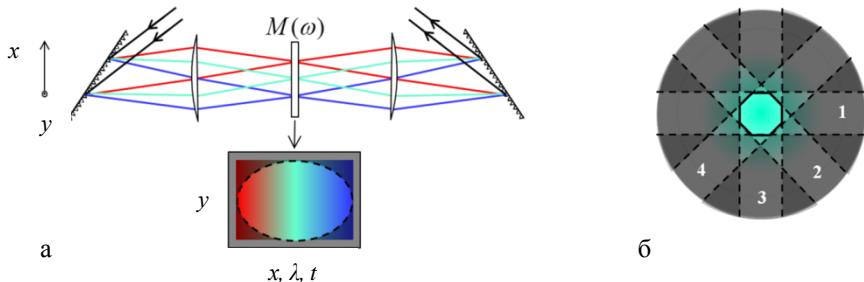


Рис. 1. Схема профилирования

Целью данной работы является исследование призмы Дове (рис. 2а), преобразования, которое она совершают в поперечном сечении пучка, потерю, которые она вносит в излучение с разной поляризацией, в том числе в эксперименте. Также требуется разработать оптическую четырехпроходную схему для дальнейшей экспериментальной реализации.



Рис. 2. Призма Дове

Действие призмы Дове на поперечное распределение интенсивности лазерного пучка эквивалентно отражению относительно горизонтальной оси, лежащей в плоскости поперечного сечения, и вращению на 2α (рис. 2б), где α – угол поворота призмы вокруг оптической оси. Таким образом, чтобы повернуть изображение на 45° , нужно установить призму Дове под $22,5^\circ$.

В отличие от призмы в виде равностороннего треугольника, призма Дове не вызывает дисперсии по углу. Используя закон Снеллиуса и закон отражения нетрудно показать, что параллельное смещение лучей на разных длинах волн для нашей ширины спектра мало по сравнению с диаметром пучка.

Поскольку на первой и третьей гранях призмы имеет место наклонное падение луча на границу раздела сред, коэффициенты отражения, а значит и коэффициенты прохождения различаются для двух ортогональных поляризаций. Используя формулы Френеля, можно найти теоретические значения коэффициентов прохождения призмы в *s* и *p* поляризациях: $T_s = 0,8216$; $T_p = 0,9826$.

На второй грани призмы по ходу луча падение происходит из более оптически плотной среды в менее плотную. Угол полного внутреннего отражения для нашей ситуации равен $41,58^\circ$, что меньше угла падения, который составляет 73° . Значит, реализуется полное внутреннее отражение, и потери на нижней грани отсутствуют.

В более общем случае, когда поляризация падающего на призму Дове излучения имеет с горизонталью угол β , формулы Френеля также позволяют рассчитать коэффициент прохождения по интенсивности:

$$T = T_s \cos^2 \beta + T_p \sin^2 \beta,$$

и степень деполяризации прошедшего излучения – долю интенсивности в поляризации, перпендикулярной исходной:

$$dep = \frac{(\sqrt{T_p} - \sqrt{T_s})^2 \sin^2 \beta}{T_s + T_p \tan^2 \beta}.$$

Для проверки наших теоретических выводов был поставлен эксперимент (рис. 3), в котором поворот поляризации падающего на призму Дове излучения осуществлялся при помощи полуволновой пластинки. Шпатовый клин, разделяющий прошедший пучок на два – с вертикальной и горизонтальной поляризациями – с возможностью измерения мощности в каждом, кроме потерь в призме, позволил определить состояние результирующей поляризации. Также через призму был осуществлен перенос оптического изображения непро-

зрачного экрана с отверстием в виде буквы R, благодаря чему были получены снимки (рис. 2б). Результаты эксперимента в сравнении с теоретическими зависимостями приведены на рисунке 4.

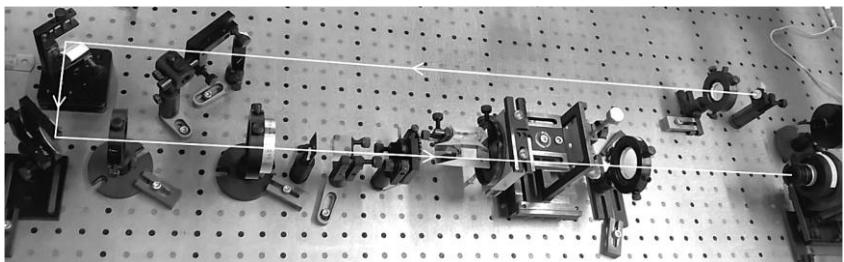


Рис. 3. Экспериментальная установка

Полученное отклонение выходной поляризации от исходной в пересчете на мощность не превышает 1%. Потери на отражение от непросветленных граней призмы Дове гораздо больше, и за четыре прохода схемы профилирования составят 35%.

В качестве задела на будущее, в 2015 – 2016 годах также была разработана оптическая четырехпроходная схема, использующая поляризационные развязки на четвертьволновой пластинке и вращателе Фарадея. В дальнейшем планируется на базе этой схемы со-

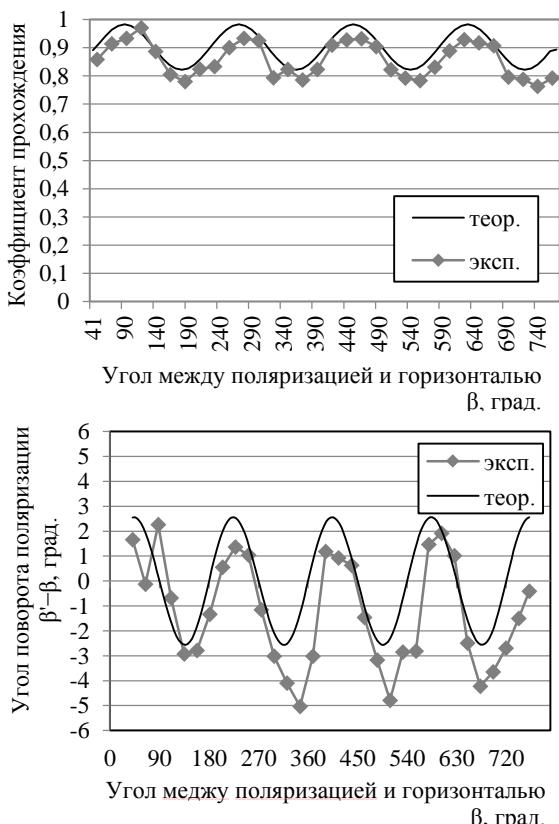


Рис. 4. Потери на деполяризацию и отражение

здать систему, способную формировать восьмиугольное поперечное распределение лазерного пучка при помощи профилирования в одной поперечной координате для того, чтобы впоследствии использовать другую координату для управления временем.

Выводы

Исследовано преобразование поперечного распределения лазерного пучка после прохождения призмы Дове в зависимости от ориентации призмы.

Решена задача о прохождении лазерного пучка через призму Дове с учетом поляризации, рассчитаны потери на отражение и деполяризацию.

Спроектирована и реализована экспериментальная установка, представляющая собой однопроходную схему с поворотом пучка в призме Дове, переносом изображения через призму, а также возможностью исследования поляризационных эффектов. Решения теоретических задач, необходимые для разработки четырехпроходной схемы, сопоставлены с экспериментальными данными. Определены потери в призме Дове за четыре прохода.

Разработана четырехпроходная оптическая схема, которая впоследствии может использоваться для формирования квазиэллипсоидальных лазерных импульсов с восьмиугольными поперечными сечениями, убывающими по эллиптическому закону. Трехмерное профилирование лазерного импульса в такой схеме будет возможно благодаря четырехкратному повороту оптического изображения в призме Дове.

Литература

1. Ахманов С.А., Никитин С.Ю. Физическая оптика, 2-е изд. – М.: Изд-во МГУ; Наука, 2004. – 656 с.
2. Карлов Н.В. Лекции по квантовой электронике. – М.: Наука, 1988. – 336 с.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т. 4. Оптика. – М.: Наука, 1980. – 752 с.
4. Faraday Rotators [Электронный ресурс] // Сайт «Photonics Encyclopedia». https://www.rp-photonics.com/faraday_rotators.html.

Велосипедный компьютер на базе микроконтроллеров attiny2313, attiny13

Золотых Андрей Николаевич

8 класс, МБОУ школа № 45 Нижнего Новгорода

Научный руководитель Л.В. Пигалицын,
научный консультант Поволжского центра
аэрокосмического образования, народный учитель России



Описан разработанный автором велокомпьютер, реализующий широкий спектр функций: вычисление и отображение скорости велосипеда в реальном времени, а также пройденного пути за поездку и общего пробега велосипеда, автоматическое и ручное включение фар, автоматическое включение сигнализации.

Велосипедный компьютер (велокомпьютер) – это встраиваемое в велосипед устройство, предназначенное для вычисления и контроля скорости велосипеда в реальном времени, контроля пройденного пути за поездку, общего пробега велосипеда.

Известные аналоги имеют достаточно узкий функционал [3, 4]. У некоторых из них нет функции определения расстояния и времени пробега за поездку. Импортные велокомпьютеры, например, производства КНР не подлежат ремонту, у них отсутствует возможность замены модулей. Ни один из известных автору аналогов не содержит автоматических фар.

Перед автором стояла задача разработки и конструирования велокомпьютера, обладающего следующим набором функций: вычисление и отображение скорости в реальном времени (для спортсменов и гонщиков); определение расстояния, пройденного за поездку в реальном времени (два вида); а также определение оборотов колеса в реальном времени (для отладки программного кода); общего пробега велосипеда; отображение длительности поездки; автоматическое включение сигнализации при чрезмерно высокой скорости (повышает безопасность движения и полезно для новичков); автоматическое включение второй пары задних сигнальных светодиодов при торможении (низкой скорости); ручное включение переднего фонаря и задних светодиодов; возможность зарядки аккумуляторов без открывания корпуса.

Такой велокомпьютер был разработан и собран. Его внешний вид приведен на рисунке 1. Велокомпьютер построен на базе мик-

роконтроллеров attiny2313 и attiny13. Принципиальная схема устройства приведена на рисунке 2. Код микроконтроллеров написан на языке С.

Основной датчик велокомпьютера – геркон – установлен на вилке колеса. Магнит, закрепленный на спице, во время каждого оборота проходит мимо геркона и вызывает его срабатывание. Для вычисления скорости измеряется время между соседними срабатываниями геркона (время, за которое колесо проходит один оборот) и расстояние, которое велосипед проезжает за один оборот, делится на полученное время.

Микроконтроллер attiny2313 отвечает за вычисление скорости и пройденного расстояния, хранение данных, меню, динамическую индикацию на четырехразрядном семисегментном индикаторе. Резисторы R1 – R4 подключены к обоим катодам групп сегментов в каждом разряде. Динамическая индикация необходима для экономии портов, энергии.

Кварцевый резонатор Z1 на 12 МГц(MHz) подключен к портам микроконтроллера и зашунтируирован двумя конденсаторами 12 пФ(pF) на землю.

Кнопки и геркон соединены с питанием резисторами по 1 КОм(KOhm) и зашунтиированы конденсаторами на землю для подавления дребезга контактов кнопок. Выводы перезагрузок обоих микроконтроллеров соединены с питанием резисторами для предотвращения самоперезагрузки от электромагнитных помех.

Автоматический пьезоэлемент и автоматические фары включаются микроконтроллером attiny13 через транзисторы T1, T2 и имеют токоограничительные резисторы. Во время торможения (скорость меньше 7 км/ч (km/h)) автоматически включаются задние фары. При слишком высокой скорости (больше 30 км/ч (km/h)) включается зву-

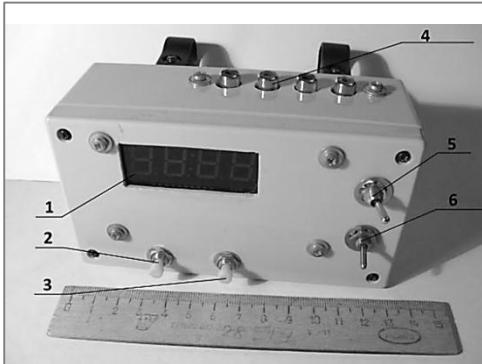


Рис. 1. Внешний вид велокомпьютера
1 – дисплей, 2 – кнопка входа в меню и выбора пункта, 3 – кнопка переключения пунктов в меню, 4 – разъемы, 5 – тумблер включения устройства, 6 – тумблер включения автоматических фар

ковой сигнал. Светодиоды HL9, HL8 представляют собой заднюю автоматическую фару.

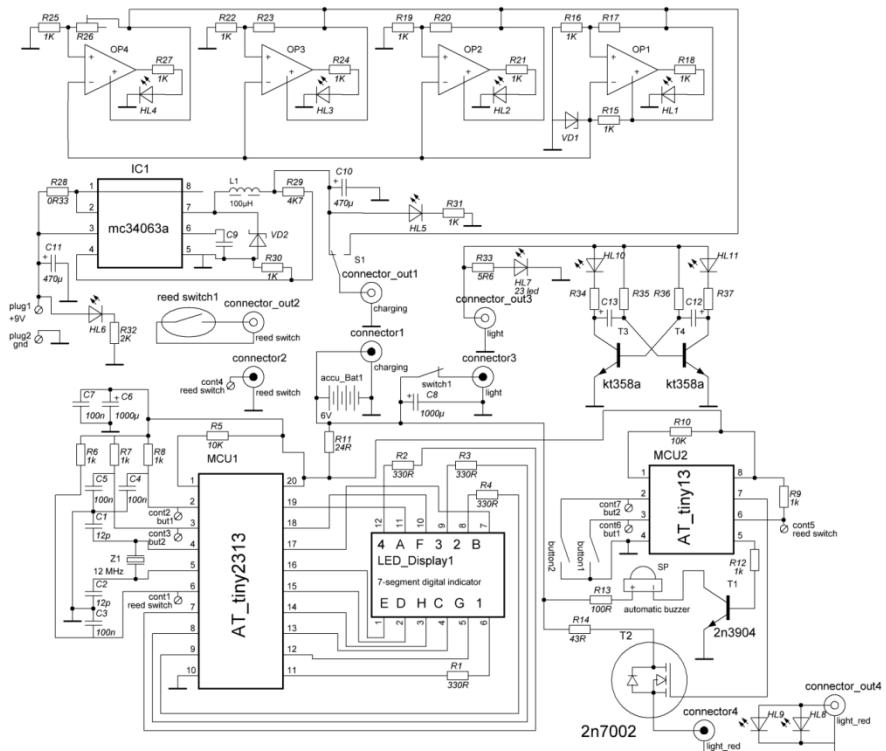


Рис. 2. Электрическая принципиальная схема устройства

Неавтоматические задние фары построены на светодиодах HL10, HL11, питаемых от мультивибратора (включают поочередно светодиоды). Неавтоматическая передняя фара состоит из 23 светодиодов, обозначенных на схеме как HL7. Мощность неавтоматической фары составляет 2.025 – 2.7 Вт(В) по потреблению (ток в 0.45А и напряжение питания фар, изменяющееся от 4.5 до 6 В(В)).

Так как аккумуляторы сразу после заряда имеют большую ЭДС, чем максимальная для микроконтроллеров, последовательно с питающими входами был поставлен резистор R11 на 24 Ом(Ohm). Это ре-

шение позволяет использовать вместо аккумуляторов обычновенные гальванические элементы питания (батарейки).

Велокомпьютер работает от четырех аккумуляторных батарей типа АА (каждая по 2500 мАч(mAh)).

Разработано и собрано неавтоматическое зарядное устройство, размещенное в отдельном корпусе, состоящее из понижающего преобразователя (с 9 В(В) до 7.125 В(В)) с ограничителем тока до 0.7А на микросхеме mc34063а и тестера уровня заряда на четырех операционных усилителях в режиме компараторов. Они сравнивают напряжение на стабилитроне (оно заведомо меньше минимального напряжения питания микроконтроллеров) с напряжением от аккумуляторов, полученном от делителей с разными коэффициентами деления. Светодиоды HL1 – HL4 включаются при определенном напряжении на аккумуляторе. Светодиоды HL6 и HL7 сигнализируют о наличии напряжения на входе и на выходе зарядного устройства.

С включенными неавтоматическими фарами велокомпьютер может работать до четырех часов без зарядки, без фар – до 80 часов.

Заключение

Разработан велокомпьютер, реализующий широкий спектр функций: вычисление и отображение скорости велосипеда в реальном времени, определение пройденного пути за поездку и общего пробега велосипеда, автоматическое и ручное включение фар, автоматическое включение сигнализации.

Велокомпьютер имеет низкое энергопотребление, низкую стоимость и полностью ремонтопригоден. Он может быть доработан в домашних условиях. Разработанный велокомпьютер превосходит известные автору аналоги по функционалу и указанным выше характеристикам.

Литература

1. Молчанов А. Велокомпьютер своими руками [Электронный ресурс]. www.azovbike.com.ua/%3Foption%3Dcom_content%26view%3Darticle%26id%3D140.
2. Платт Ч. Электроника для начинающих. – СПб: БХВ–Петербург, 2013. – 480 с.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: БИНОМ, 2015. – 704 с.
4. Велокомпьютер своими руками [Электронный ресурс]. <http://dr-spear.com/page.php?id=121>.

**Создание портативного устройства
для определения параметров
полупроводниковых элементов**

Зубкова Александра Ильинична

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.А. Мухин,
преподаватель информатики ГБПОУ
«Нижегородский губернский колледж»



В работе рассмотрен и оптимизирован процесс определения параметров полупроводниковых элементов, предложена схема устройства, определяющего данные параметры. В итоге было создано устройство, определяющее некоторые параметры полупроводниковых элементов с приемлемой точностью, выработана методика проведения измерений на данном устройстве.

В настоящее время полупроводниковые элементы получили широкое распространение, сфера их применения достаточно велика. Практически каждое электронное устройство имеет в своей конструкции полупроводниковые элементы.

Проблема заключается в том, что эти элементы весьма разнообразны по своим свойствам, и произвольный полупроводниковый элемент не может применяться к произвольному электронному устройству. Для того чтобы определить совместимость конкретного электронного устройства с его полупроводниковыми комплектующими, необходимо знать параметры последних.

Существует способ определения параметров полупроводниковых элементов по маркировке, нанесенной на их корпус, однако не существует единого общемирового стандарта маркировки. Маркировка может содержать специальные символы, что затрудняет поиск конкретного элемента в поисковых системах (особенно это касается элементов, произведенных в Китае); со временем маркировка элемента может стереться, что затрудняет определение его типа; в таблицах параметров согласно маркировке указаны средние значения серии полупроводниковых элементов. Параметры конкретного элемента могут отличаться от серийных в силу ряда причин (заводской брак, износ изделия).

Существует методика определения данных параметров, однако она достаточно сложна и отнимает много времени, поэтому существует необходимость в оптимизации данного процесса.

Некоторые параметры полупроводниковых элементов можно определить при помощи мультиметра, однако данный метод также не оптимальен. К примеру, для измерения ВАХ какого-либо элемента одного мультиметра явно недостаточно. Нужно как минимум два мультиметра (один в режиме вольтметра, другой – амперметра) и внешний источник питания с возможностью плавной регулировки напряжения. Также спорным кажется вопрос об использовании мультиметра для определения коэффициента усиления транзистора по току.

С одной стороны, измерить коэффициент усиления транзистора на мультиметре быстрее и проще. А с другой стороны, мультиметр годится только для маломощных транзисторов, так как выдает фиксированный и достаточно малый ток базы. Кроме того, в гнезда мультиметра не помещаются ножки некоторых моделей транзисторов. Вызывают сомнения результаты, полученные на дешевых моделях мультиметров.

Поэтому для определения параметров конкретного полупроводникового элемента необходимо разработать специализированную установку. К примеру, для определения типа диода или транзистора необходимо знать напряжение их открытия и вольт-амперную характеристику. Следовательно, необходима измерительная система, способная справиться с этой задачей. При этом данная система должна быть практичной, мобильной, функциональной и достаточно простой в эксплуатации.

Цель работы заключается в том, чтобы создать портативное устройство для определения параметров полупроводниковых элементов, то есть разработать прибор, который будет определять следующие характеристики: напряжение открытия диода и светодиода; ВАХ диода, светодиода и транзистора; тип транзистора (рpr или прp); коэффициент усиления транзистора по току.

С помощью компонентов, необходимых для определения характеристик полупроводниковых элементов, была изготовлена схема, показанная на рисунке 1.

Данный прибор был разработан, его внешний вид показан на рисунке 2, а его внутреннее устройство – на рисунке 3.

Устройство может пригодиться в ситуациях нехватки рабочего пространства у экспериментатора, необходимости в частом перемещении устройства, необходимости в ис-

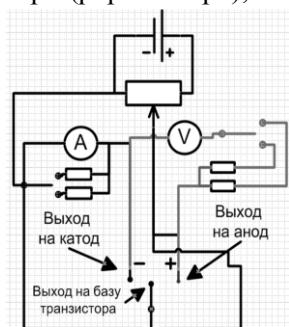


Рис. 1. Принципиальная схема устройства

пользовании вне помещения.

Описание возможностей собранного устройства: измерение напряжения открытия диода, ВАХ диода, определение типа транзистора (pnp или pnp) и коэффициента усиления по току транзистора.

Дополнительные возможности устройства: возможность подключения внешнего вольтметра и амперметра, возможность калибровки вольтметра, а также изменения сопротивления на базе транзистора, регулировка диапазона шкалы измерений вольтметра и амперметра, работа от встроенного или внешнего источника питания. Ниже приведена методика работы с устройством.

Устройство, реализованное по данной схеме, позволяет измерять параметры как сильноточных, так и слаботочных полупроводниковых элементов без изменения конструкции. Устройство является прототипом и имеет следующие параметры: диапазон измерений силы тока меняется от 0 до 400 мА за счет переключения шунтов по напряжению – от 0 до 25 В путем регулировки добавочного сопротивления (при малых значениях напряжения погрешность измерений достаточно большая (около 10%). Этого хватает для качественного определения типа диода по его напряжению открытия (кремниевый, германиевый, шоттки и т.п.).

На устройстве производились измерения следующих типов полупроводниковых элементов: кремниевых и германиевых выпрямительных диодов, различных светодиодов, биполярных транзисторов. Теоретически можно попробовать измерить параметры полевых транзисторов и других типов диодов. Однако более сложные устройства, например, диодные мосты, логические элементы или микросхемы измерить вряд ли получится.

Методика работы с разработанным устройством

(на примере построения ВАХ диода):

- 1) включить питание прибора (внутреннее или внешнее);
- 2) подключить диод к устройству, для этого имеются выводы в верхней части прибора (красный – анод, черный – катод);



Рис. 2. Внешний вид устройства



Рис. 3. Внутреннее строение устройства

- 3) с помощью потенциометра увеличивать напряжение и фиксировать текущее значение силы тока;
- 4) после снятия показаний составить график зависимости тока от напряжения (ВАХ);
- 5) измерения повторить с различными диодами.

Методика подключения транзистора к прибору

- 1) Включить питание прибора (внутреннее или внешнее);
- 2) подключить транзистор к устройству, для чего имеются выводы в верхней части прибора (красный – плюс, черный – минус). Также у прибора имеется третий вывод для подключения базы транзистора. Полярность третьего вывода изменяется с помощью соответствующего переключателя (переключатель выбора типа транзистора);
- 3) перевести переключатель в необходимое положение;
- 4) провести серию измерений, аналогичных предыдущему примеру.

Методика определения коэффициента усиления транзистора

- 1) Включить питание прибора (внутреннее или внешнее);
- 2) подключить транзистор к устройству;
- 3) при фиксированном напряжении измерить ток на переходе коллектор – эмиттер, отключить контакт коллектора, измерить ток на переходе база – эмиттер;
- 4) найти отношение тока базы к току коллектора.

Для проверки работоспособности была проведена серия измерений. На рисунке 4 показаны результаты измерения вольт-амперной характеристики различных светодиодов типов.

Также были проведены серии экспериментов по определению типа транзистора и напряжения открытия диода и транзистора. После этого оценивалась эффективность работы устройства. Для этого была изменена вольт-амперная характеристика красного светодиода на разработанном приборе и на установке, сконструированной из лабораторного оборудования. Результаты измерений были сравнены со справочными значениями (рис. 5).

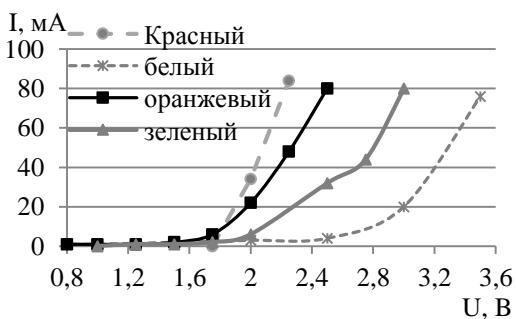


Рис. 4. ВАХ светодиодов, измеренная сконструированным устройством

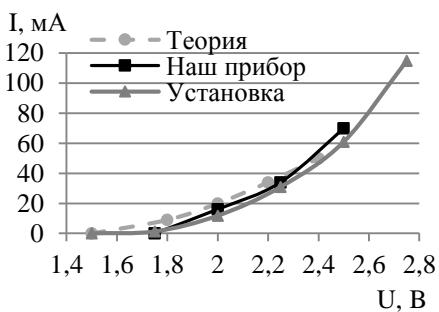


Рис. 5. Сравнение результатов измерения BAX красного светодиода

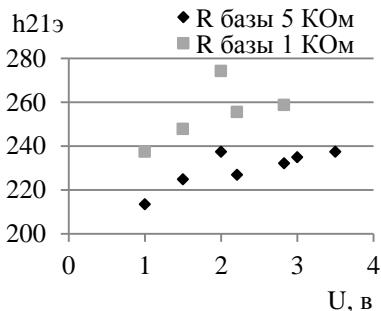


Рис. 6. Результаты определения коэффициента усиления транзистора

Все диоды могут иметь различные свойства и характеристики, поэтому сложно оценить погрешность измерения нашего прибора, так как большую роль сыграли погрешности каждого из приборов, а также случайные погрешности, которые допускали сами экспериментаторы и различные измеряемые диоды.

В итоге были проведены эксперименты по определению коэффициента усиления транзистора КТ3102БМ в схемах подключения с общим эмиттером ($h21\text{Э}$) (рис. 6). Было выяснено, что коэффициент усиления транзистора практически не изменяется в зависимости от приложенного напряжения и от сопротивления на базе транзистора.

Заключение

В ходе данной работы было сконструировано портативное устройство для определения различных параметров полупроводниковых элементов, проводящее измерения на приемлемом уровне точности. Устройство не занимает большого рабочего пространства у экспериментатора, его можно перемещать и работать вне помещения. Также была выработана методика проведения измерений параметров полупроводниковых элементов с использованием разработанного устройства.

Литература

1. Новиков Ю.В. Введение в цифровую схемотехнику. Курс лекций. – М.: Интернет-университет информационных технологий: Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 343 с.
2. Шило В. Л. Популярные микросхемы ТТЛ. – М.: Аргус, 1993. – 64 с.
3. Диоды – характеристики, обозначение и маркировка диодов [Электронный ресурс]. <http://radiostorage.net/?area=news/1669>.

Исследование звукопроводящих свойств различных веществ

Калашников Матвей Глебович

8 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.И. Лапин, доцент
НГПУ им. К. Минина, зав. научно-исследова-
тельским отделом Нижегородского планетария,
кандидат физико-математических наук



*В работе приводятся экспериментальные исследования звукопроводя-
щих материалов. Собрана экспериментальная установка, на которой по-
лучены экспериментальные кривые.*

Звуковые волны – это упругие волны механических колебаний в твердой, жидкой или газообразной среде [1]. Следовательно, распространение звуковых волн происходит во всех средах. Существуют материалы или совокупность материалов, хорошо проводящих или полностью поглощающих распространяющиеся звуковые волны. Особенно интересны материалы, которые доступны нам в повседневной жизни и не требуют научного производства.

Мы решили провести исследование звукопроводящих свойств различных материалов и выяснить, какие из них выгоднее использовать для лучшего поглощения звуковых волн.

Для исследования звукопоглощающих свойств различных материалов была собрана экспериментальная установка, состоящая из генератора звуковых волн различных частот и профилей, источника звука – динамика и приемника – микрофона, в качестве визуализатора звуковых колебаний использовался компьютер. Фотография и схема экспериментальной установки приведены на рисунках 1 и 2. Препятствие располагалось между динамиком и микрофоном. В качестве допущения было принято то, что отраженные от стен комнаты сигналы не вносят существенного вклада в основную величину амплитуды колебаний. Расстояние между динамиком и приемником не изменялось.

Между источником и приемником звуковых волн располагалось препятствие, представляющее материал или несколько различных материалов. В ходе эксперимента использовались 8 видов препятствий: сталь, пенопласт, дерево, керамика и несколько комбинированных: сталь-воздух-сталь, пластик-воздух-пластик, пластик-вода-

пластик (кувета из пластика, наполненная водой) и сталь-пенопласт-сталь. Препятствие полностью загораживало источник. Толщина препятствия была фиксированная: ~1 см.

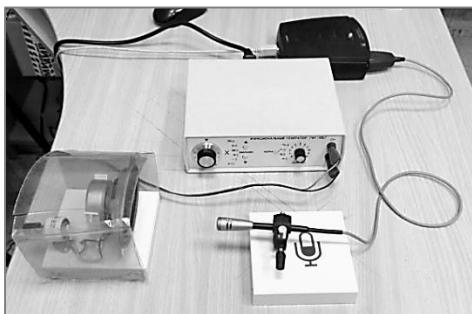


Рис. 1. Фотография экспериментальной установки

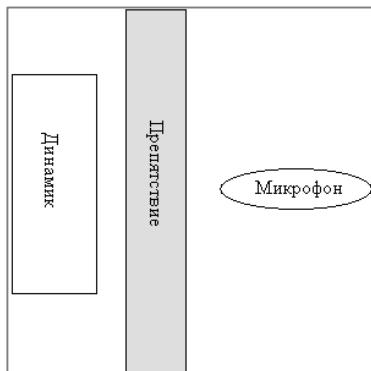


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

В ходе эксперимента для каждого препятствия на генераторе изменялась частота от 100 до 900 Гц с промежутком в 100 Гц, а на экран анализирующего устройства фиксировался график зависимости амплитуды от времени. Величина амплитуды на малых частотах изменялась в широком диапазоне, что требует дополнительных исследований. Результаты приведены на графике зависимости амплитуды от частоты (рис. 3), амплитуда приведена условных единицах.

В ходе исследования было выяснено, что дерево поглощает звук эффективнее других веществ, участвовавших в эксперименте, и является наиболее доступным для использования. Также было замечено, что некоторые материалы поглощают звук лучше на более высоких частотах, что представляет интерес и требует следующих исследований. Еще один аспект, который не учтен в работе – это сравнение звукоизоляционных свойств строительных материалов с результатами, которые были получены в работе, что будет учтено в следующем исследовании.

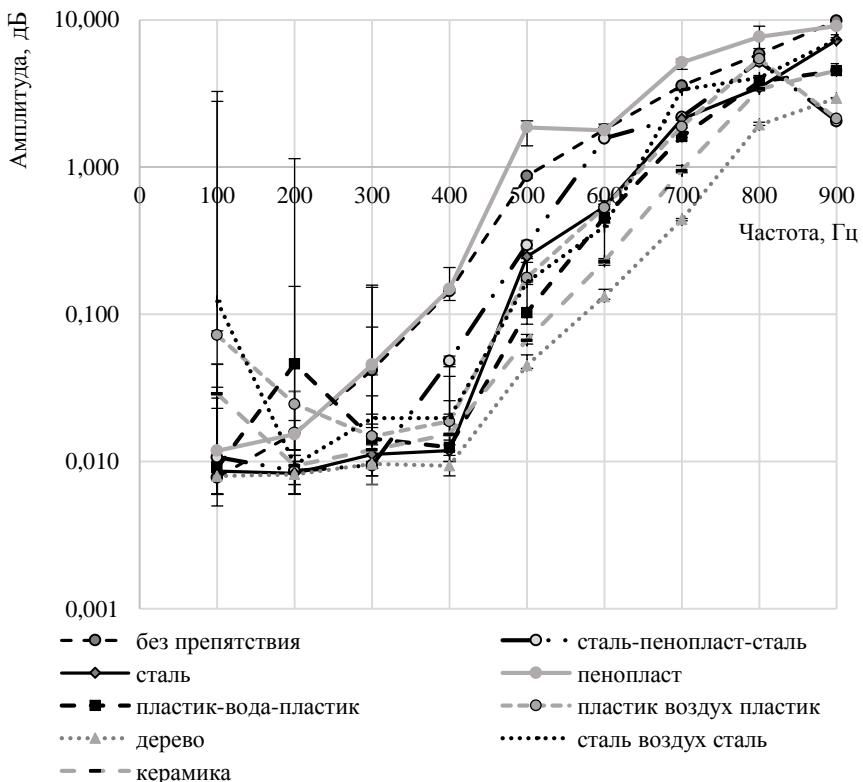


Рис. 3 Зависимость амплитуды от частоты

Литература

1. Голямина И.П. Звук // Физическая энциклопедия / Под общ. ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1988 – 1999.

Анализ особенностей поверхностного проявления следовых структур с использованием оптических изображений океана

Камсков Сергей Маратович

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель И.А. Капустин,
старший научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук



В работе исследована динамика расширения турбулентного следа за кораблем с использованием оптических изображений океана. Определена зависимость ширины следа от его возраста. Определен степенной рост ширины следа для всех наблюдений с показателем степени, близким к 0,4. Предложена идея определения скорости объекта по оптическому изображению.

Физический механизм проявления волновых и турбулентных (следовых) структур, связанных с движущимися надводными судами, до сих пор не имеет строгого теоретического описания. Не существует алгоритмов обнаружения и идентификации судов по их следам, в том числе на спутниковых изображениях океана. Для задач дистанционного зондирования морской поверхности исследование турбулентных следов связано с необходимостью идентификации различных неоднородностей поверхностного волнения.

Воздействие турбулентности в следах на морскую поверхность приводит к «выглаживанию» ветрового волнения и образованию сливков, различимых на РСА-изображениях наряду с неоднородностями иной природы, вызванными, в частности, внутренними волнами, пленками ПАВ и неоднородными течениями. Для определения этих явлений на спутниковых изображениях необходимо иметь представление об их особенностях.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью выявлять различия аномалий поверхностного волнения на оптических и радиолокационных изображениях морской поверхности, в частности, аномалий, связанных со следами движущихся надводных судов.

Целью данной работы является выявление характерных параметров идентификации следовых структур для судов различных размеров и движущихся в различных режимах. Поставленная цель определила решение следующих задач: составление базы данных следовых структур на основе оптических изображений сервиса Google maps; анализ харак-

терных особенностей следов, их связь с наблюдаемыми размерами судов, теоретическая интерпретация результатов наблюдения.

Турбулентный след – длинная область турбулентного движения за телом, она характеризуется большим количеством воздушных пузырьков и легко определяется на оптических изображениях океана. Можно рассматривать расширение турбулентной области как расширение одномерного турбулентного слоя. После прекращения действия импульсного источника (винтов судна) расширение слоя определяется турбулентной диффузией [1].

Для определения закона расширения турбулентного следа необходимо составить базу данных с нужными характеристиками следов для их дальнейшего анализа. С помощью сервиса оптических изображений Google maps были найдены суда, у которых отчетливо видны границы турбулентного следа, были измерены линейные размеры этих судов и характеристики турбулентного следа (ширина следа в зависимости от расстояния, считая от кормы судна).

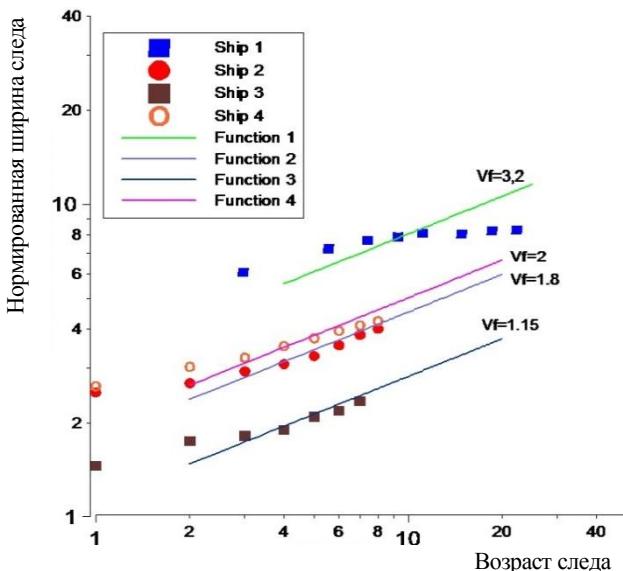


Рис. 1. Зависимость ширины турбулентного следа (нормированной на ширину судна) от его возраста (безразмерной длины следа – в длинах судна) для различных судов (обозначены ship 1, 2, 3, 4), аппроксимирующие степенные функции (обозначены function 1, 2, 3, 4) с показателем степени 0,4.

Vf – множитель перед степенной функцией

Для дальнейшего изучения полученных данных необходимо было уйти от конкретных геометрических параметров судна и следа и перейти к безразмерным. Мы обезразмерили ширину и возраст турбулентного следа путем деления ширины следа на ширину судна и деления возраста на длину корабля. Мы аппроксимировали их на данных возрастах и получили зависимость ширины турбулентного следа от его возраста (рис. 1).

С помощью нормирования мы ушли от конкретных геометрических параметров судна, но полученные таким образом графики имеют разброс. Видно, что в логарифмической системе координат на некоторых возрастах (расстояние от кормы судна, деленное на его длину) графики имеют закономерную динамику расширения.

Для всех наблюдений существует степенной (с показателем, близким к 0,4) рост ширины следа. Имеющийся разброс графиков объясняется разным влиянием скорости судна на динамику расширения следа. Для составления зависимости ширины турбулентного следа от его возраста был введен коэффициент Vf , разный для каждого случая и зависящий от скорости, обводов, силовой установки, режима движения судна. Такая зависимость описывается формулой $W = L^{0,4} * Vf$, где W – безразмерная ширина следа, L – возраст следа (длина следа), Vf – коэффициент, определяющий зависимость скорости расширения следа от различных параметров данного случая.

Предполагается, что Vf зависит от скорости судна. Если определить эту зависимость, то с помощью оптического снимка со спутника мы сможем находить скорость корабля, так как Vf определяется после исследования турбулентного следа.

Данная работа позволила определить динамику расширения турбулентного следа. В дальнейшем планируется уточнить закон расширения, связать поведение следа с размерами корабля, его скоростью и формами.

Литература

1. Ермаков С.А., Капустин И.А. О законе расширения турбулентного следа за надводным судном // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2009. Т.1. № 6. С. 364 – 372.

Моделирование установки для создания дождя и расчет ее характеристик

Ковалдов Дмитрий Алексеевич
10 класс, МБОУ СОШ № 101, ШЮИ ИПФ РАН
Научный руководитель Ю.А. Титченко,
младший научный сотрудник ИПФ РАН



В работе рассмотрен новый способ генерации капель для моделирования дождя в лабораторных условиях. Для моделирования дождя предлагается использовать набор независимо управляемых с компьютера клапанов, формирующих капли. Преимуществом данного подхода является возможность задавать распределение размеров и скоростей капель в моделируемом дожде, а кроме того обеспечить высокую повторяемость экспериментов. В данной работе исследовалась работа одного управляемого клапана. Для этого была разработана и изготовлена лабораторная установка, с помощью которой проводилось экспериментальное измерение объема генерируемых капель в зависимости от времени открытия клапана и высоты столба жидкости над клапаном. Полученные экспериментальные результаты сравниваются с аналитической зависимостью, построенной на основе формулы Торричелли.

Основным источником информации о поверхностном волнении в мировом океане является спутниковая радиолокация. Информация о поле приповерхностного ветра и высоте волн по данным спутниковой радиолокации активно используется для составления прогнозов погоды и волнового климата. Однако спутниковые алгоритмы установления параметров поверхностного волнения и скорости ветра «не работают» во время дождя.

Дождь влияет на рассеяние СВЧ-излучения за счет двух эффектов: рассеяния электромагнитных волн на падающих каплях в атмосфере, и модификации отражающей водной поверхности упавшими каплями. В настоящее время не удалось количественно оценить влияние этих эффектов на характеристики отраженного излучения (сечение обратного рассеяния и доплеровский спектр), что приводит к ошибкам традиционных спутниковых алгоритмов.

Во многих лабораториях занимаются изучением влияния дождя на поверхностное волнение. В качестве примера приведем лаборатории NASA [1] и Гамбургского университета [2] (рис. 1). В этих и других лабораториях дождь генерируется с помощью трубок фиксированного диаметра (рис. 2).

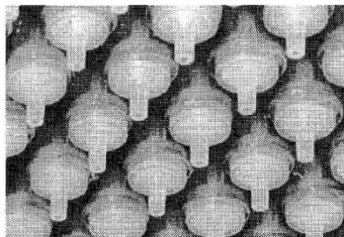


а – ветро-волновой канал университета Гамбурга

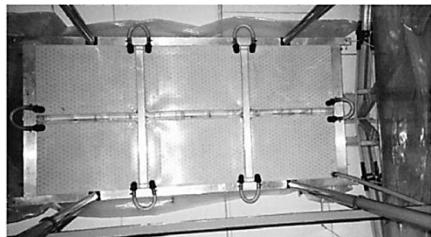


б – лаборатория NASA по изучению взаимодействия дождя с морем

Рис. 1. Фотографии лабораторий по изучению влияния дождя на водную поверхность



а – вблизи



б – целиком

Рис. 2. Фотографии генератора дождя в лаборатории NASA, состоящего из 1100 трубок фиксированного диаметра

Недостаток такого способа моделирования дождя заключается в невозможности управлять параметрами выпадающих капель и задавать распределение размера и скорости капель, характерные для реального дождя.

Для лабораторной установки, генерирующей капли дождя с заданным распределением размера и скорости, рассматривается новый подход. С целью генерации дождя предлагается использовать набор клапанов, управляемых с компьютера. Дополнительным преимуществом такого подхода является высокая степень повторяемости.

Данная установка поможет лучше понять, как изменяется поверхность воды под действием упавших дождевых капель.

На первом этапе мы рассмотрели лабораторную установку, состоящую из одного клапана (рис. 4), чтобы получить зависимости

размера капель от различной высоты столба воды над клапаном и различного времени его открытия. Для эксперимента был выбран клапан Airtac 2v025-08 [3], работающий на постоянном токе 12 В. Принцип работы клапана следующий (рис. 5): электромагнит приводит в действие клапан, который открывает отверстие для прохода жидкости или газа (в нашем случае вода,) и через заданный промежуток времени срабатывает пружина, которая закрывает клапан.

Измерения объема генерируемых капель проводились при различном времени открытия клапана и при разных уровнях высоты столба жидкости над клапаном.

Капая по 100 капель в каждом измерении и измеряя их суммарный объем, мы находили средний объем капли, которая выпадает из клапана, тем самым стараясь свести погрешность к минимуму. Для каждой высоты, меняя время открытия клапана, мы получаем линейную зависимость объема капли, представленную на рисунке 6.

Диаметр наблюдаемых капель менялся в диапазоне от 3 до 7 мм. В реальном дожде, согласно многочисленным измерениям [4], диаметры капель обычно не превышают 5 мм при приближении к земле. Капли большего диаметра разрываются на несколько более мелких, но на начальном этапе они могут существовать. Кроме того, нашей задачей являлось исследование воз-

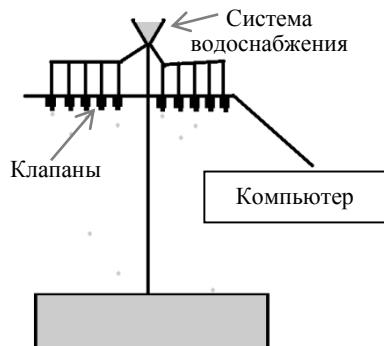


Рис. 3. Схема предполагаемой установки с несколькими клапанами

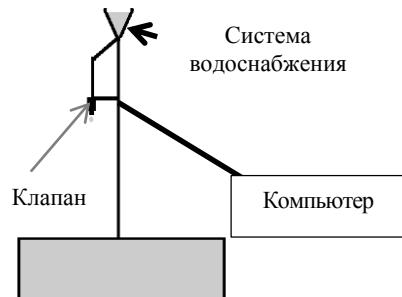


Рис. 4. Схема экспериментальной установки

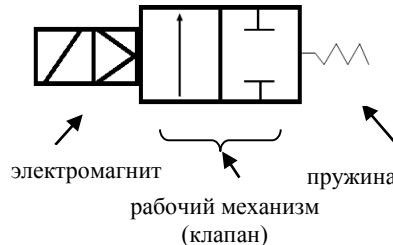


Рис. 5. Схема клапана, участвующего в эксперименте

можностей клапана для дальнейшего использования в лабораторных экспериментах.

Для сопоставления экспериментальных данных с теоретическими мы воспользовались формулой Торричелли [5]:

$$v = \sqrt{2gh}$$

где v – скорость вытекания жидкости из клапана (м/с), h

– высота столба жидкости над клапаном, g – ускорение свободного падения (м/с^2). $S_{puti} = v * t$, где S_{puti} – путь, который проходит жидкость (м), t – время открытия клапана (с).

$$V_{kapli} = S_{puti} * S_{otversty}, \quad S_{otversty} = \frac{\pi * d^2}{4},$$

где V_{kapli} – теоретический объем капли (м^3), $S_{otversty}$ – площадь отверстия клапана (м), d – эффективный диаметр отверстия, который вводится для учета всех факторов, влияющих на уменьшение объема генерируемой капли. Он был выбран равным 1,15 мм для лучшего совпадения теоретических данных с экспериментальными, согласно технической документации диаметр отверстия составлял 2,5 мм.

$$V_{kapli} = g * t * \frac{\pi * d^2}{4} = \sqrt{2gh} * t * \frac{\pi * d^2}{4}.$$

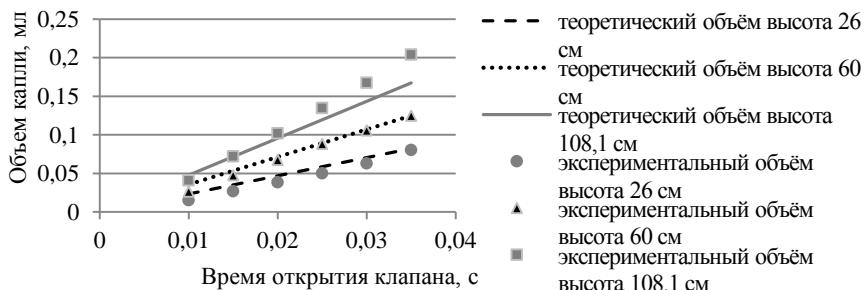


Рис. 7. График зависимости объема капли от времени открытия с экспериментально и теоретически посчитанными данными на трех высотах

Сравнив экспериментально полученные объемы капель с теоретически рассчитанными, получили график (рис. 7). На графике представлены объемы капель в зависимости от времени открытия клапана на трех разных высотах (26, 60, 108.1 см).

По графику видно, что используемая модель, основанная на формуле Торричелли, в целом способна описывать наблюдаемые экспериментальные капли на небольших высотах столба жидкости, тем не менее, на больших высотах (от метра и более) видно расхождение результатов, что свидетельствует о необходимости учета дополнительных факторов.

Заключение

Использование управляемых с компьютера клапанов позволяет в лабораторных условиях генерировать дождь с распределением размеров и скоростей, соответствующих естественному дождю, обеспечивает высокую повторяемость генерируемого дождя.

В результате проведенного исследования получены экспериментальная и теоретическая зависимости объема генерируемой капли от времени открытия клапана и высоты столба жидкости над клапаном. Работоспособность используемой модели генерации капли, основанной на формуле Торричелли, способна предсказывать объем капли при высоте столба жидкости до 1 метра, однако в целом нуждается в дополнительной доработке. Полученная теоретическая зависимость объема капли от времени открытия клапана и высоты столба жидкости будет использована в дальнейших исследованиях взаимодействия капель дождя разных размеров с водной поверхностью.

Литература

1. *Bliven L., Elfouhaily T.* Rain-Sea Interaction Facility description, Geoscience and Remote Sensing Symposium // IGARSS '95. Quantitative Remote Sensing for Science and Applications, International, Firenze, 1995, v.1. P. 827 – 828.
2. *Braun N., Gade M., Lange P.A.* 1999b: Radar backscattering measurements of artificial rain impinging on a water surface at different wind speeds, Proceed. Intern. Geosci. Remote Sens. Sympos // (IGARSS) '99, IEEE, Piscataway, NJ, USA. P. 200 – 202.
3. Fluid control valve (2|2 way). Airtac [Электронный ресурс]. <http://airtac.su/assets/2v.pdf>.
4. *Villermaux E., Bossa B.* Single-drop fragmentation determines size distribution of raindrops // Nature Physics, 2009, v. 5. P. 697 – 702.
5. *Неймарк Ю.И.* Математические модели в естествознании и технике. – Н. Новгород: Изд-во ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2004. – 401 с.

Исследование процессов роста и оптических свойств кристаллов

Кочаровский Денис Владимирович
8 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Афанасьев,
научный сотрудник ИПФ РАН



В работе исследованы процессы роста и оптические свойства кристаллов. Исследовано явление комбинационного рассеивания на молекулах воды. Найдена зависимость между концентрацией раствора и спектром пропускания относительно длины волны.

В современном мире трудно найти серьезное техническое устройство, которое не использовало бы в той или иной мере кристаллы. Создание новых кристаллов с необычными свойствами важно для развития науки и техники. Изучение процессов роста кристаллов позволяет повысить качество кристаллических структур. Всестороннее изучение свойств кристаллов, их комбинаций и структур позволяет находить им новое применение.

Проблема – в силу большого многообразия окружающих нас кристаллов ряд их свойств еще недостаточно изучен. Требуют изучения и вновь создаваемые кристаллы. Некоторые модели роста кристаллов недостаточно хорошо разработаны.

Цель работы – получить из водных растворов кристаллы широко распространенных солей. Исследовать такие оптические свойства этих растворов, как спектры пропускания; исследовать свечение кристаллов под воздействием лазера.

Метод выращивания кристаллов

Сначала раствор проходит отцеживание через бумажный фильтр. Тем самым мы избавляемся от крупных примесей, имеющихся в исходной соли, в качестве которых взяты соль поваренная первого сорта, удобрения медного и железного купороса, приобретенные в гипермаркете.

Кристаллы выращивались из водных растворов путем охлаждения насыщенного раствора при высокой начальной температуре. Поскольку растворимость солей резко падает с уменьшением температуры, поскольку при охлаждении избыточная соль должна выделиться из раствора. При наличии центра роста (затравочного кристалла) ве-

роятность добавления ионов соли на затравке выше, чем на стенках сосуда. Также в нашей работе использовался метод «наклонной чашки» – при выращивании кристаллов сосуд был наклонен, что уменьшало площадь высадки атомов солей из раствора, и тем самым сокращалось число очагов роста кристаллов (из-за этого размер кристаллов увеличивался). При этом скорость роста достигала примерно 100 000 атомов в минуту (1мм/час).

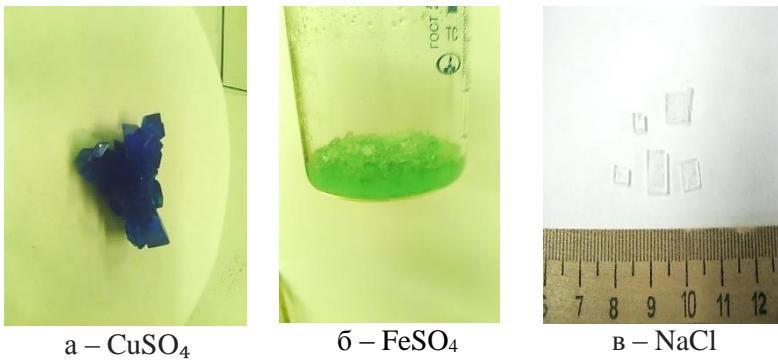


Рис. 1. Полученные кристаллы

Проблемы с выращиванием кристаллов из купоросов

В ходе выращивания кристаллов железного купороса появилась проблема выпадения железа из раствора в осадок гидрооксидом. Проблема была решена покрытием раствора слоем масла, поэтому кислород перестал поступать к раствору, и железо перестало выпадать осадком.



Рис. 2. Решение проблемы с выпадением в растворе гидроксида железа в процессе роста кристаллов

Рис. 3. Решение проблемы с разрывом выращиваемых кристаллов

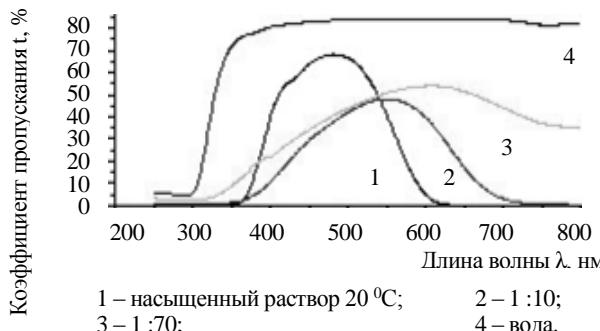


Рис. 4. Зависимость коэффициента пропускания от длины волны

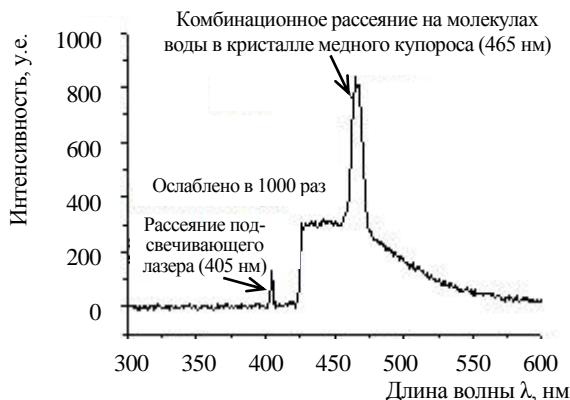


Рис. 5. Свечение кристалла медного купороса при облучении лазером с длиной волны 405 нм

ра смещается в зависимости от концентрации, при этом есть такие длины волн, для которых большей концентрации соответствует меньшее поглощение, хотя обычно считается, что более густой раствор должен быть менее прозрачным, то есть обладать большим поглощением. Указанный результат объясняется смещением пика поглощения из-за сольватации (электростатического взаимодействия растворителя и растворимого вещества) в раствор. Полный спектр складывается из суммарного поглощения воды и сольватированных ионов. При больших концентрациях FeSO_4 (1:10) молекул воды не хватает, чтобы полностью окружить ионы. При этом ионы

В ходе выращивания кристаллов медного купороса на дне сосуда высаживалось слишком много мелких кристаллов. Проблему решил наклоненный сосуд. Горизонтальная часть в сосуде уменьшилась, и поэтому очагов роста стало меньше.

Результаты

На рисунке 4 представлены зависимости коэффициента пропускания растворов FeSO_4 разных концентраций от длины волны. Из графиков ясна зависимость смещения пика пропускания от концентрации раствора. Видно, что спектр поглощения раствора

взаимодействуют друг с другом и влияют на спектр поглощения. При маленьких концентрациях $\text{FeSO}_4(1:70)$ молекулы воды полностью окружают и изолируют ионы соли, так что их спектр перестает зависеть от концентрации.

При облучении кристалла медного купороса лазером на длине волны 405 нм (пик уменьшен в тысячу раз для его видимости) было обнаружено свечение на длине волны 465 нм (рис. 5). Исходя из спектра поглощения воды, сделан вывод о том, что этот процесс, вероятно, связан с комбинационным рассеянием на молекулах воды, присутствующих в структуре медного купороса. Комбинационное рассеяние – рассеивание света на колеблющихся молекулах вещества с изменением длины волны фотона.

Заключение

Проведено исследование роста кристаллов из растворов. Получены кристаллы с характерным размером около одного см для каждого из соединений. Скорость роста для кристалла медного купороса достигала значений 1 мм/час, или до 100 000 атомарных слоев в минуту.

В ходе исследования с помощью спектрофотометра СФ-256 УВИ было выяснено, что спектр поглощения раствора изменяет форму и смещается в зависимости от концентрации. Длина волны, для которой реализуется максимальный коэффициент пропускания, смещается примерно пропорционально логарифму концентрации медного купороса в растворе (рис.6). Данное явление можно объяснить формированием сложных комплексов ионов медного купороса и молекул воды в растворе.

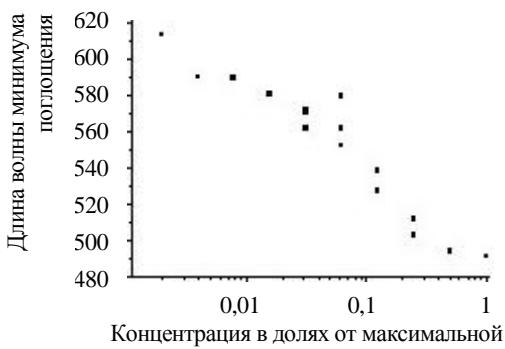


Рис. 6. Зависимость длины волны максимального пропускания раствора от логарифма концентрации

При облучении кристалла медного купороса лазером с длиной волны 405 нм обнаружено свечение на длине волны 465 нм. Такое изменение длины волны при рассеянии света соответствует процессу комбинационного рассеяния, имеющему частоту около 3200 1/см. Такое комбинационное рассеяние возможно на молекулах воды,

имеющихся в составе кристаллогидрата медного купороса.

Литература

1. *Ландсберг Г.С.* Оптика. – М. – Л.: ОГИЗ, 1947. – 631 с.
2. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. 4 Оптика. – М.: Наука, 1985. – С. 615 – 619.
3. Графики онлайн, спектр поглощения воды в инфракрасном диапазоне длин волн [Электронный ресурс]. <http://physics.nad.ru/sensors/Cyrillic/OH-3.gif>.
4. Классификация и систематика синтетических и искусственных минералов [Электронный ресурс]. kristallov.net. Медный купорос. Железный купорос. Хлорид натрия.

Исследование преломления светового луча стеклянной плоскопараллельной пластинкой

Нариманов Артем Игоревич

8 класс, МБОУ лицей № 8, Нижний Новгород

Научный руководитель А.П. Савикин,
доцент ННГУ им. Н. И. Лобачевского,
кандидат физико-математических наук



В работе проведено исследование явления преломления светового луча при прохождении плоскопараллельной пластинки. Получены выражения для нахождения величины (h) смещения луча наклонной плоскопараллельной пластинкой в зависимости от угла наклона α , толщины пластиинки d и показателя преломления n вещества, из которого изготовлена пластиинка. Проведены измерения зависимости величины смещения светового луча от угла наклона для двух пластиинок из стекла марки К8 разной толщины. Полученные экспериментальные результаты с хорошей степенью точности совпадают с теоретическими зависимостями. Угловую зависимость смещения луча можно использовать для нахождения величины показателя преломления плоскопараллельной пластиинки.

Плоскопараллельные пластиинки используются во многих оптических конструкциях: жидкостные ячейки в спектральном анализе, лазерной технике, активная среда оптических квантовых генераторов представляет собой плоскопараллельные пластиинки, оптические зеркала резонаторов и оптические внутристеклянные элементы, окна камер вакуумных систем [1, 6]. При нормальном падении на плоскопараллельные пластиинки световые лучи не изменяют направления, но при наклонном падении смещение светового пучка зависит от толщины пластиинки, угла падения, показателя преломления материала [3, 4]. Поэтому следует учитывать ход лучей при расчете конструкций оптических систем с плоскопараллельными элементами, а также необходимо производить оценки преломления световых пучков.

Целью работы было исследование зависимости величины смещения светового луча, прошедшего через стеклянную плоскопараллельную пластиинку, от угла наклона пластиинки и ее толщины. Исследована зависимость величины смещения светового луча от угла наклона для плоскопараллельных пластиинок из стекла К8 с показателем преломления 1,51, толщиной 15,87мм и 25,5 мм [5].

Для реализации применялся следующий подход. Известно, что луч, вышедший из плоскопараллельной пластинки, остается параллельным падающему лучу независимо от угла падения [3, 4]. Поэтому измерение величины смещения луча можно проводить не на выходной грани пластиинки, а на достаточном удалении от нее. С использованием закона преломления луча на входной и выходной гранях пластиинки было получено выражение зависимости величины h смещения пучка от толщины d , угла наклона α и показателя преломления n плоскопараллельной пластиинки:

$$h = d \frac{\sin(\alpha - \beta)}{\cos(\beta)}, \quad (1)$$

где $\beta = \arcsin (\sin \alpha / n)$ – угол преломления.

Для измерения величины смещения светового луча плоскопараллельной пластииной была собрана экспериментальная установка (рис. 1). Элементы оптической измерительной системы размещались на плите, позволяющей осуществлять изменение их взаимного расположения, с возможностью закрепления в нужных местах установки.

Оптическая измерительная система состоит из следующих элементов: полупроводниковый лазер (1), излучающий на длине 650 нм; конденсор (2) формировал параллельный пучок света; экран с отверстием (3) формировал световой пучок диаметром порядка одного миллиметра; плоскопараллельная пластиинка (4) устанавливалась на вращающемся столике (6), обеспечивающем точность угла поворота 0,02 градуса. Смещение светового луча измерялось с помощью линейки (5) с миллиметровой шкалой.

Вследствие того, что точность измерения угла поворота пластиинки выше точности измерения смещения положения пучка, была

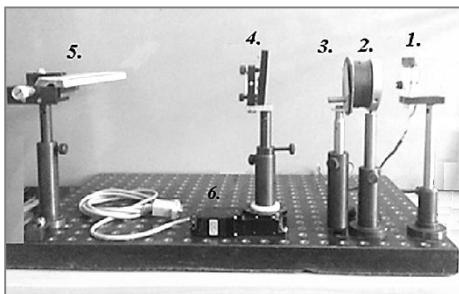


Рис. 1 . Вид экспериментальной установки

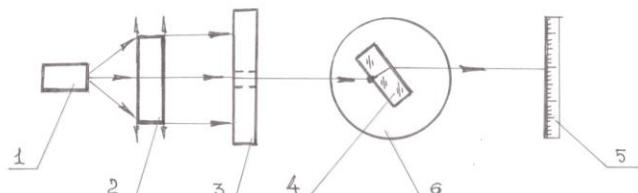


Рис. 2 . Схема экспериментальной установки

использована следующая методика. Положение светового пятна на линейке определялось визуально путем совмещения центра пятна со штрихом шкалы. Затем угловым вращением пластиинки добивались совмещения центра пятна с соседним штрихом шкалы линейки. Это соответствовало перемещению пучка на расстояние 1мм. По шкале вращающегося столика определялась величина угла поворота пластиинки.

Измерения проводились несколько раз для нахождения среднего арифметического значения угла α , что косвенно уменьшало неточность определения величины смещения пятна на линейке [2]. Полученные данные сведены в таблицу. Введены следующие обозначения: h – величина смещения светового луча, α – среднее арифметическое значение угла наклона пластиинки. На основании табличных данных были построены графики зависимости $h(\alpha)$. Теоретическая зависимость $h(\alpha)$ находилась согласно выражению (1).

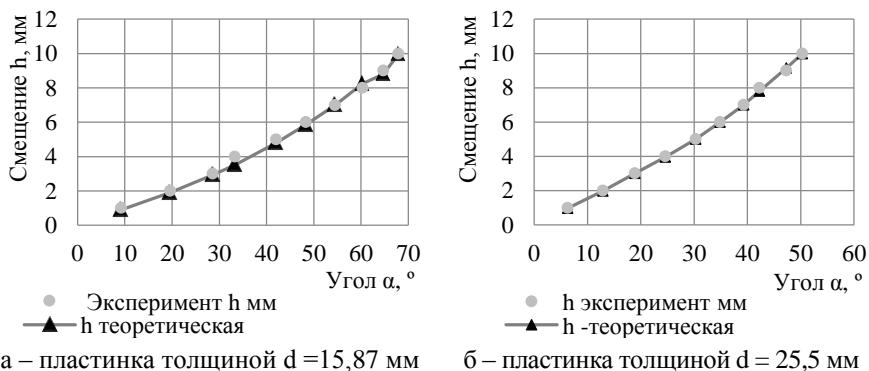


Рис. 3. Зависимость смещения $h(\alpha)$ луча от угла наклона для плоскопараллельной пластиинки из стекла К8 с показателем преломления 1.51

Заключение

Таким образом, в работе были получены выражения для нахождения величины h смещения луча плоскопараллельной пластиинкой в зависимости от угла наклона α , толщины пластиинки d и показателя преломления n вещества, из которого изготовлена пластиинка. Проведены измерения зависимости $h(\alpha, d, n)$ для двух пластиинок из стекла марки К8 толщиной 15,87 мм и 25,5 мм. Из полученных как теоретических, так и экспериментальных результатов можно сделать вывод о том, что зависимость $h(\alpha, d)$ имеет нелинейный характер. С увеличением угла наклона пластиинки луч смещается сильнее, то есть с

увеличением угла наклона α на одинаковую величину $\Delta\alpha$ величина смещения Δh увеличивается.

Результаты проведенной работы могут быть использованы при конструировании оптических систем, а также при создании лабораторного практикума по исследованию законов геометрической оптики. В дальнейшем планируется повысить точность измерения величины линейного смещения светового пучка и разработать методику измерения показателя преломления плоскопараллельных пластинок.

Литература

1. *Бутиков Е.И.* Оптика. Учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.И. Калитеевского. – М.: Высшая школа, 1986. – 512 с.
2. Лабораторные занятия по физике / Под ред. Л.Л. Гольдина. – М.: Наука, 1983. – 704 с.
3. *Ландсберг Г.С.* Оптика. – М.: Наука, 1976. – 926 с.
4. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Т. IV. Оптика, гл.1, §. 2. – М.: Наука, 1980. – 752 с.
5. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976. – 1008 с.
6. *Тудоровский А.И.* Теория оптических приборов. Ч. 2. – М. – Л.: Изд-во АН СССР, 1952. – 230 с.

О механизме разрушения ствола дерева при ударе молнии

Поляков Андрей Сергеевич

10 класс, МБОУ лицей № 40, Нижний Новгород

Научный руководитель А.В. Щенников,
научный сотрудник ФГБНУ НИРФИ



В работе предложен механизм и даны количественные оценки физических процессов, приводящих к разрушению ствола дерева вследствие удара молнии. В качестве механизма разрыва ствола рассмотрено испарение капиллярной жидкости, содержащейся в древесине, при прохождении тока молнии. Исследование основано на изучении структуры тока на поперечных распилах ствола дерева, пораженного молнией.

Известно [1, 3], что молния – это мощный электрический разряд, возникающий при достаточно сильной электризации туч. Экспериментально установлено, что различные части грозового облака несут заряды разных знаков. Чаще всего нижняя часть облака, обращенная к земле, заряжена отрицательно, а верхняя – положительно. Земля в целом обладает отрицательным зарядом [1, 3], однако в том месте, где грозовое облако проецируется на землю, оно создает на ее поверхности большой положительный индуцированный заряд. Нижняя часть облака и поверхность земли образуют своего рода обкладки конденсатора, разность потенциалов между которыми достигает сотен миллионов вольт. В возникающем при этом электростатическом поле очень большой напряженности свободные электроны получают огромные ускорения и приобретают значительную кинетическую энергию. В результате многочисленных столкновений таких электронов с атомами и молекулами возникают целые лавины быстрых электронов, образующие у самого «дна» тучи плазменные «нити» – так называемые стримеры. Сливаясь друг с другом, стримеры дают начало плазменному каналу – ступенчатому лидеру. Головка лидера выскакивает из тучи и движется к земле со скоростью порядка 10^7 м/с, оставляя за собой канал разряда в виде ломаной линии. Затем по проложенному каналу устремляется основной ток, то есть, на самом деле, молния бьет не из тучи в землю, а из земли в тучу. После прохождения импульса основного тока наступает пауза от 10 до 50 мс. Затем новый (стреловидный) лидер устремляется из тучи к земле по уже проложенному ступенчатым лидером пути, после чего мощный

импульс основного тока распространяется по восстановленному каналу снизу вверх [3]. Таким образом, схематично разряд молнии можно представить в виде последовательности следующих основных стадий: ступенчатый лидер → возвратный удар → стреловидный лидер → возвратный удар → стреловидный лидер → возвратный удар...

Основные параметры молнии имеют следующие значения [4]: средний ток молнии в одном импульсе $I = 20$ кА; максимальный ток молнии в одном импульсе $I = 300$ кА; длительность одного импульса $\tau = 10 - 30$ мкс; количество импульсов $n = 2 - 3$.

В настоящей работе изучение прохождения тока молнии по стволу дерева осуществлено на основе уникального экспериментального материала – ствола березы, расколотого при попадании молнии. Выполнены на разных уровнях поперечные распилы ствола, фотографии которых представлены на рисунках 1, 2.



На рисунке 1 изображен распил, сделанный на уровне нижних ветвей дерева. Четко виден разрыв ствола, что свидетельствует о том, что именно в данном месте дерево наиболее уязвимо для разрушения. По нашему мнению, это объясняется тем, что на больших высотах ток молнии растекается по ветвям, а на меньших высотах увеличивается диаметр ствола, следовательно, уменьшается плотность тока. На рисунке 2 представлен распил, выполненный на более высоком уровне, где присутствуют ветви дерева. Разрушения ствола отсутствуют, что подтверждает выдвинутую нами гипотезу. На фотографии четко видны следы упомянутых выше многократных ударов молнии [3].

В структуре древесины в месте разрыва ствола хорошо видно разрушение капиллярной системы дерева – результат своего рода «вспышки» жидкости, содержащейся в древесине. Наблюдаемый эффект позволил нам предложить объяснение механизма разрушения ствола дерева при ударе молнии на основе закона сохранения энергии и законов термодинамики.

Согласно выдвигаемой автором гипотезе, при прохождении тока молнии по стволу дерева происходит нагревание древесины, что приводит к переходу жидкости, содержащейся в древесине, в газообразное состояние при высокой температуре и, соответственно, повышению давления пара до уровня, за которым следует разрыв ствола.

Для проверки данной гипотезы оценим и сравним энергию, выделяющуюся в стволе дерева при прохождении тока молнии, с энергией, необходимой для перехода капиллярной жидкости в газообразное состояние и последующего разрыва ствола дерева.

В качестве электрической модели ствола дерева рассмотрим совокупность капилляров (параллельных проводов), заполненных жидкостью (водным солевым раствором). Согласно справочным материалам [2, 5, 6, 7], древесина обладает следующими электрическими и механическими параметрами: удельное сопротивление раствора $\rho_3 = 10 \text{ Ом} \cdot \text{м}$; массовая доля раствора в капиллярах (относительно общей массы древесины) $\omega = 0,2$; плотность древесины $\rho_d = 800 \text{ кг}/\text{м}^3$; предел прочности при раскалывании $P = 11 \text{ МПа..}$

Площадь поврежденной части ствола березы в рассматриваемом эксперименте составила $S_q = 0,0314 \text{ м}^2$.

Водный солевой раствор, заполняющий капилляры, имеет следующие характеристики [8]: температура кипения воды при давлении в 11 МПа $T_k = 591,25 \text{ К}$; теплоемкость воды $c_b = 4,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$; удельная теплота парообразования $q = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$; плотность воды $\rho_b = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Запишем формулу для энергии, выделяющейся в стволе дерева при ударе молнии:

$$E_M = I^2 \cdot R \cdot n \cdot \tau, \quad R = \frac{\rho_3 \cdot l}{s},$$

где I – средний ток молнии в одном импульсе; R – электрическое сопротивление ствола дерева; τ – длительность одного импульса; n – количество импульсов; ρ_3 – удельное сопротивление водного солевого раствора, заполняющего капилляры дерева; l – длина участка ствола дерева; s – площадь капилляров.

Для оценки площади капилляров воспользуемся выражением для массы жидкости, содержащейся в капиллярах:

$$m_\theta = \rho_\theta \cdot l \cdot s, \quad \frac{m_\theta}{\rho_\theta \cdot l \cdot S_u} = \omega = 0,2,$$

где ρ_θ – плотность древесины; S_u – площадь поврежденной части ствола березы; ω – массовая доля раствора в капиллярах (относительно общей массы древесины).

$$m_\theta = 0,2 \rho_\theta \cdot S_u \cdot l, \quad s = \frac{0,2 \rho_\theta \cdot S_u}{\rho_\theta}.$$

Полагаем $I = 20$ кА, $n = 3$, $\tau = 20$ мкс, $l = 1$ м. Тогда для энергии, выделяющейся в стволе дерева при ударе молнии, получим $E_M = 48$ МДж.

Оценим энергию, необходимую для перехода капиллярной жидкости, содержащейся в древесине, в газообразное состояние и последующего разрыва ствола дерева:

$E_\theta = E_{нагр.} + E_{исп.}$, $E_{нагр.} = m_\theta \cdot c_\theta \cdot (T_k - T_0)$, $E_{исп.} = m_\theta \cdot q$, где $E_{нагр.}$ – энергия, необходимая для нагревания капиллярной жидкости от T_0 – температуры окружающей среды до T_k – температуры кипения воды при давлении в 11 МПа; $E_{исп.}$ – энергия, необходимая для перехода капиллярной жидкости в газообразное состояние.

При $T_k = 591,25$ К и $T_0 = 300$ К получаем $E_\theta = 17,7$ МДж.

Учтем, что энергия, выделяющаяся в стволе дерева при ударе молнии, расходуется не только на нагревание и перевод в газообразное состояние капиллярной жидкости, но и на нагревание собственно древесины за счет ее теплопроводности. Теплоемкость свежесрубленной древесины [9] составляет:

$$c_\theta = 2,6 - 3,0 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}.$$

Масса древесины на поврежденном участке ствола длиной $l = 1$ м; $m_\theta = \rho_\theta \cdot S_u \cdot l$.

Соответственно, для нагревания древесины до $T_k = 591,25$ К потребуется энергия $E_{\theta p} = m_\theta \cdot c_\theta \cdot (T_k - T_0) = 22$ МДж.

Таким образом, энергии, выделяющейся в стволе дерева при ударе молнии, действительно хватает на то, чтобы этот ствол разорвать.

Для полноты картины оценим возможность достижения давления, превышающего предел прочности древесины при раскалывании, при испарении капиллярной жидкости. Запишем уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T,$$

где p – искомое давление; $V = s \cdot l$ – объем капилляров; $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – универсальная газовая постоянная; $T = T_k = 591,25 \text{ К}$; v – количество молей водяного пара в поврежденной части ствола. $v = \frac{m_e}{M_e}$, где m_e – масса воды в капиллярах, $M_e = 18 \frac{\text{г}}{\text{моль}}$ – молярная масса водяного пара.

Мы полагаем, что вся вода, содержащаяся в капиллярах, превратилась в пар вследствие удара молнии. Сделанные выше оценки показывают, что энергии, выделяющейся в стволе дерева при ударе молнии, на это хватает. Тогда, пользуясь приведенной выше формулой для массы воды в капиллярах и подставляя численные значения величин в уравнение Менделеева-Клапейрона, получим $p = 273 \text{ МПа}$. Полученная величина более чем в 20 раз превышает предел прочности древесины.

Отметим, что в проведенных расчетах не учитывался нагрев собственно древесины за счет прохождения по ней части тока молнии. Поясним, почему было принято такое решение. Согласно справочным материалам [10], удельное сопротивление древесины даже при условии ее стопроцентной влажности составляет порядка $10^3 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Поскольку удельное сопротивление жидкости, содержащейся в капиллярах, в сто раз ниже, очевидно, что подавляющая часть тока пойдет именно по капиллярам, следовательно, нагревом древесины за счет прохождения по ней части тока молнии можно пренебречь.

Выводы

1. Сделаны количественные оценки энергии, выделяющейся в стволе дерева при прохождении тока молнии, необходимой для испарения капиллярной жидкости, содержащейся в древесине, а также энергии, необходимой для нагревания собственно древесины за счет ее теплопроводности. Показано, что энергии, выделяющейся в стволе дерева при ударе молнии, хватает на то, чтобы этот ствол разорвать.

2. Показано, что при испарении капиллярной жидкости возможно достижение давления, более чем в 20 раз превышающего предел прочности древесины.

3. Доказано, что нагревом собственно древесины за счет прохождения по ней части тока молнии можно пренебречь.

Литература

1. Базелян Э.М., Райзер Ю.П. Физика молний и молниезащиты. – М.: Физматлит, 2001. – 319 с.
2. Калягин Р.Н. Нормы устройства сетей заземления. – М.: Энергосервис, 2002.

3. Тарасов Л.В. Физика в природе: Кн. для учащихся. – М.: Просвещение, 1988. – 351 с.
4. Молния – источник грозовых перенапряжений – Защита электростанций и подстанций 3 – 500 кВ от прямых ударов молнии [Электронный ресурс] // Сайт «Энергетика». <http://forca.ru/knigi/oborudovanie/zaschita-elektrostanciy-i-podstanciy-3-500-kv-ot-pryamyh-udarov-molnii-2.html>.
5. Механические свойства древесины [Электронный ресурс] // Сайт «Знайтовар.ru». <http://www.znaytovar.ru/new2528.html>.
6. Вес деревьев, сколько весит куб дерева [Электронный ресурс]. http://vlboard.org/ves_dereva.html.
7. Вода в древесине [Электронный ресурс] // Сайт РГАУ-МСХА, Зоотехнический факультет. <http://www.activestudy.info/voda-v-drevesine>.
8. Свойства насыщенного пара [Электронный ресурс] // Сайт ООО «Темп-ресурс». http://vsevtempe.spb.ru/tehnicheskaya_informatsiya/svoystva_para/.
9. Тепловые свойства древесины [Электронный ресурс] // Сайт «Лесная энциклопедия». <http://forest.geoman.ru/forest/item/f00/s02/e0002782/>.
10. Электрические свойства древесины [Электронный ресурс] // Сайт «Древесина». <http://www.drevesinas.ru/woodstructura/electrical/1.html>.

Устройство для контроля и мониторинга параметров солнечной батареи на базе Arduino

Призенцов Сергей Сергеевич

11класс, МБОУ школа № 27, г. Дзержинск

Научный руководитель К.В. Лихницкий,
преподаватель физики МБОУ школа № 27,
кандидат технических наук



Автором создано устройство на базе Arduino, контролирующее параметры работы солнечной батареи (СБ), что позволяет исследовать влияние параметров окружающей среды на СБ. Для повышения эффективности преобразования солнечной энергии в электрическую устройство оснащено схемой регулировки мощности. С помощью данного устройства были получены зависимости параметров солнечной батареи от состояния окружающей среды.

В настоящее время наблюдается рост использования таких альтернативных источников энергии как солнечные батареи. В связи с тем, что стоимость традиционных источников энергии стремительно растет, в регионах без стационарной сети электропитания вместо дизельных электрогенераторов все чаще применяют солнечные батареи (СБ). Анализ возможности применения альтернативных энергоустановок на территории РФ, использующих солнечную энергию, дан в работе [3]. Для обеспечения высокой эффективности преобразования солнечной энергии в электричество необходимо обеспечить СБ системой контроля.

В работе [1, 2] на основе анализа долговременных испытаний СБ были определены факторы, влияющие на работу СБ. Из 38 параметров атмосферы авторы выделяют три основных параметра, существенно влияющие на работу: СБ – освещенность, влажность и температура.

Для наиболее эффективного использования СБ необходимо знать влияние параметров среды на напряжение холостого хода и на максимальную мощность, а также иметь возможность регулирования отбираемой с СБ мощности. Регулировку мощности можно осуществлять с помощью алгоритма отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ). В работе [4] подобный алгоритм был использован для обеспечения максимально эффективной работы ветрогенератора.

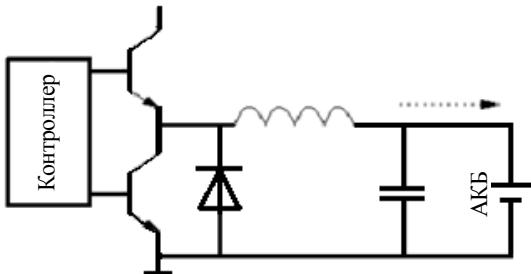


Рис. 1. Схема регулировки тока

стора, а следовательно, и ширина импульса задается микроконтроллером из условия: чем больше текущее измеренное значение мощности относительно предыдущего значения, тем больше ширина импульса. Используя предложенную нами схему, была создана автономная станция контроля и мониторинга работы солнечной батареи. Функциональная схема представлена на рисунке 2, состоит из контроллера, работающего по алгоритму ОТММ, и регистратора данных на базе Arduino, датчиков для измерения параметров не только внешней среды, но и самой СБ и аккумуляторной батареи (АКБ).

Основой данной схемы является микроконтроллер AtMega328. В качестве датчиков в схеме используются датчики температуры, освещенности, тока и напряжения. Для измерения освещенности был использован датчик BH1750 (диапазон измерения от 0 до 65000 Лк), температуры – датчик DS18B20 (от -55°C до 125°C с погрешностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), влажности – датчик DHT22 (от 0 до 100 % с погрешностью $\pm 2\%$). Один датчик температуры измеряет окружающую температуру, а второй – температуру СБ. Датчик освещенности располагается на плоскости солнечной батареи, которая установлена на крыше пристройки под углом 45 градусов к горизонту и направлена на юг.

Для измерения электрических параметров были использованы датчики тока ACS712 (диапазон от -20 до 20 А, погрешность $\pm 1,5\%$), а напряжение измерялось с помощью АЦП, встроенного в микроконтроллер. Датчики тока и напряжения расположены на выходе СБ, перед аккумуляторной батареей и перед внешней нагрузкой.

С помощью разработанного нами контроллера мы составили графики суточного изменения напряжения, силы тока и заряда АКБ при разных погодных условиях (в солнечный, в пасмурный день и в переменную облачность). Мощность, выдаваемая солнечной батареей, зависела от уровня солнечного излучения и от погодных условий.

Для обеспечения максимальной мощности СБ мы предложили использовать схему регулировки тока (рис. 1), которая будет управляться микроконтроллером с помощью широтно-импульсной модуляции. Ширина импульса открытия транзистора

Максимумы мощности наблюдались во время ясного неба, а минимумы тогда, когда солнце закрывалось облаками или тучами или влажность воздуха равнялась 100% (при наличии осадков на СБ). Из-за этого на графиках наблюдались локальные максимумы и минимумы. Для усреднения полученных данных были созданы полиномиальные линии тренда в MS Excel.

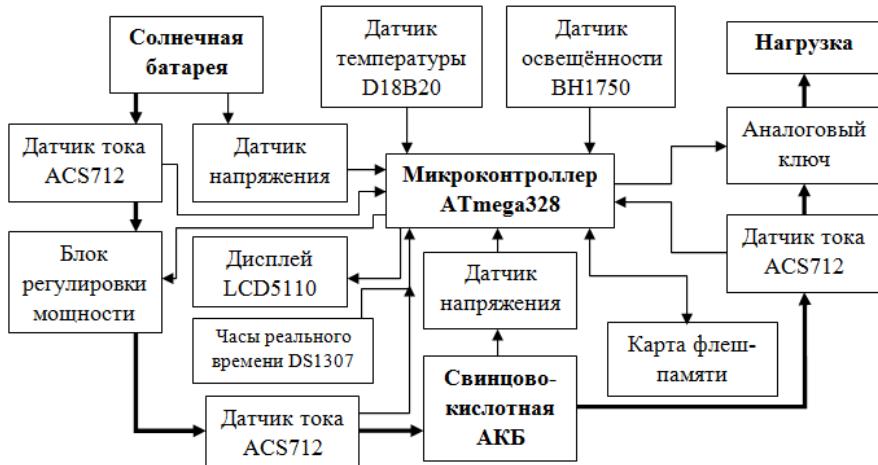


Рис. 2. Функциональная схема системы мониторинга и контроля работы солнечной батареи

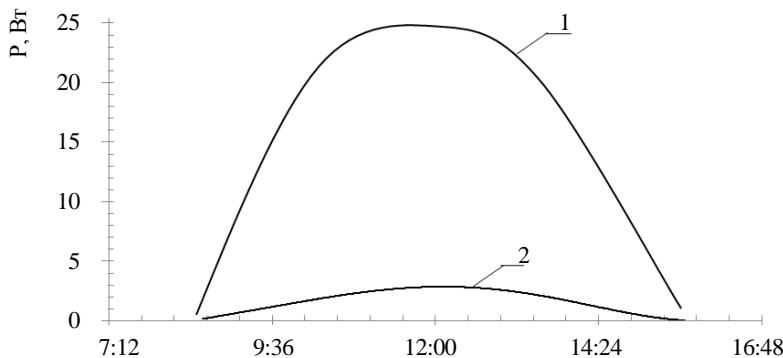


Рис. 3 Зависимости мощности СБ от времени в солнечный (1) и в пасмурный день (2)

Рассмотрим усредненные графики зависимости мощности от времени в солнечный и пасмурный дни (рис. 3). В обоих случаях на графиках наблюдается только один максимум, соответствующий полдню – 12-00 (при установке СБ строго на юг). Графики монотонно возрастают в первую половину дня и монотонно спадают во второй половине (до захода солнца).

Созданная нами система мониторинга на базе Arduino позволит исследовать зависимость мощности СБ не только от освещенности, но и от температуры и влажности воздуха. Используя эти данные, можно составить математическую модель, которая будет учитывать все влияющие факторы. Также созданное нами устройство может быть легко модифицировано – возможно подключение большего числа датчиков, что позволит использовать устройство не только для исследования СБ, но и для исследований других химических источников тока.

Литература

1. Козлов А.В. Контроль влияния параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи: Автореф. дис. канд. техн. наук – Томск: Томский политехнический университет, 2008 – 20 с.
2. Козлов А.В., Юрченко А.В., Пестунов Д.А. Влияние параметров атмосферы на энергетические характеристики кремниевой солнечной батареи // Оптика атмосферы и океана. 2005, Т. 18, № 8. С. 731 – 734.
3. Попель О.С. Автономные энергоустановки на возобновляемых источниках энергии [Электронный ресурс].
http://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3278.
4. Степанов С.Ф., Павленко И.М., Ербаев Е.Т. Обеспечение эффективной работы мультимодульной ветроэлектростанции при изменении скорости ветра и нагрузки [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2013, № 6. <http://www.science-education.ru/tu/article/view?id=11407>.

Исследование оптической анизотропии скотча

Разова Анна Александровна

12 класс, МКОУ школа-интернат № 2

Научный руководитель А.П. Савикин,
доцент ННГУ им. Н. И. Лобачевского,
кандидат физико-математических наук



В работе исследованы анизотропные свойства скотча. Создан фильтр Вуда из скотча и поляроидной пленки. Зарегистрированы спектральные характеристики оптической системы, образованной из скотча разной толщины, помещенного между двумя поляроидами, и найдена величина двулучепреломления скотча. В итоге была выявлена прямая зависимость между спектром пропускания скотча, взаимной ориентацией поляроидной пленки и толщиной скотча.

В современном мире широкое применение нашли поляризационные устройства. Они позволяют получать поляризованный свет. В основе их работы лежит явление двулучепреломления.

Хорошо известная липкая прозрачная лента (скотч), использующаяся в хозяйственных нуждах, обладает одним интересным свойством – оптической анизотропией.

В анизотропной или двулучепреломляющей среде распространяются с различными скоростями две когерентные световые волны, поляризованные в двух взаимно перпендикулярных направлениях, за исключением выделенного направления, которое называется оптической осью кристалла.

После прохождения среды волны складываются. Поляризация результирующей световой волны зависит от пройденного расстояния, длины волны и различия показателей преломления.

В обычных условиях оптическая анизотропия не проявляется. Ее действие можно увидеть только с помощью поляризаторов.

Целью данной работы являлось проведение экспериментальных исследований анизотропных характеристик скотча. Для этого использовались следующие методы: изучение литературы по данному вопросу, измерение спектра пропускания оптической системы, состоящей из скотча и поляроидной пленки, анализ полученных данных и расчет величины двулучепреломления скотча.

Для проведения эксперимента к стеклу с одной стороны была прикреплена поляроидная пленка, с другой – скотч разной толщины (рис. 1).

Пропуская через образец свет от лампы накаливания перпендикулярно входной и выходной граням, при вращении образца вокруг оси было замечено, что никаких изменений со световым пучком не происходит.

Далее пропускали свет так, что скотч был входной гранью, а поляроидная пленка – выходной (рис. 2). Перед поляроидной пленкой ставили еще один линейный поляризатор, вращая его вокруг оси. При вращении поляризатора было замечено, что интенсивность прошедшего света изменялась, принимая значения от максимального (рис. 3) до нулевого (рис. 4).

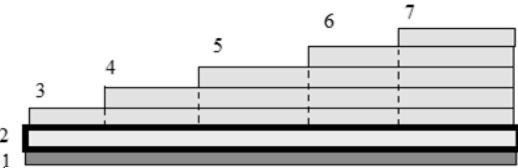


Рис. 1. Схема образца

1 – линейный поляризатор (поляроид),
2 – стекло, 3 – скотч в один слой, 4 – скотч
в два слоя, 5 – скотч в три слоя, 6 – скотч в
четыре слоя, 7 – скотч в пять слоев

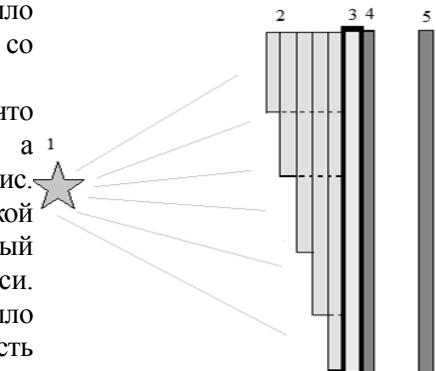


Рис. 2. Схема 1

1 – источник света, 2 – скотч разной толщины, 3 – стекло, 4 – 1-й поляроид, 5 – 2-й поляроид

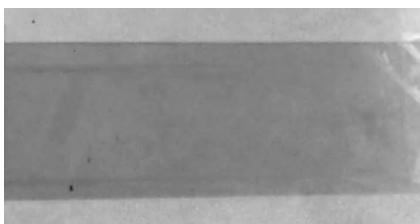


Рис. 3. Интенсивность света максимальная

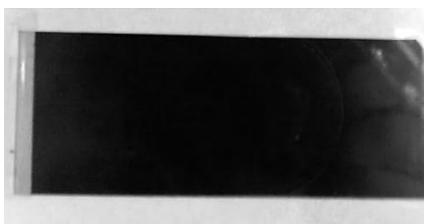


Рис. 4. Интенсивность света равна нулю

После этого пропускали свет таким образом, чтобы поляроидная пленка была входной гранью, а скотч – выходной, то есть реализовывали схему 2, изображенную на рисунке 5. При этом поставили еще одну поляроидную пленку после скотча.

Когда плоскости пропускания поляроидных пленок были перпендикулярны друг другу, наблюдалась разноцветная полоска, имеющая следующую последовательность цветов: желтый, светло-зеленый, синий, красный, зеленый. Продолжая вращать поляроид, заметили, что цветная полоска исчезает. Когда плоскости пропускания поляроидных пленок стали параллельны друг другу, снова появилась разноцветная полоска, но с другой последовательностью цветов: голубой, темно-красный, желтый, зеленый, красный. При этом заметили, что желтый цвет поменялся на голубой; синий – на желтый; красный – на зеленый, а зеленый – на красный.

С помощью спектрофотометра были проведены измерения спектра пропускания оптической системы со скотчем толщиной в два, три и в четыре слоя, расположенным между двумя поляроидными пленками, плоскости пропускания которых перпендикулярны друг другу (рис. 6). Полученные спектры подтверждают зависимость изменения цвета излучения от числа слоев скотча.

Воспользовавшись графиком спектра пропускания системы из скрещенных линейных поляризаторов и скотча в четыре слоя, можно вычислить величину двулучепреломления скотча по формуле:

$$\Delta n = n_o - n_e = \frac{\lambda^2}{\Delta \lambda d}, \quad (1)$$

где λ – длина волны коротковолнового максимума пропускания, $\Delta \lambda$ – расстояние между соседними максимальными значениями интенсивности прошедшего излучения, d – толщина одного слоя скотча (20 мкм).

Подставляя необходимые значения, получаем, что $\Delta n = 0,019$.

Сравнивая полученную величину со справочными данными, отмечаем, что полученная величина соизмерима со средней

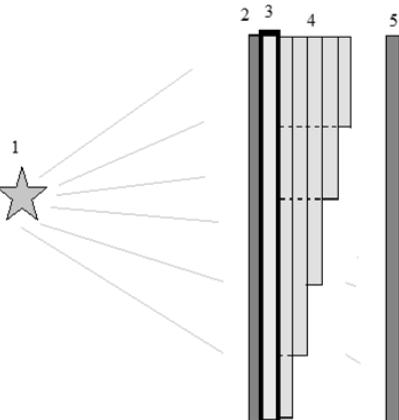
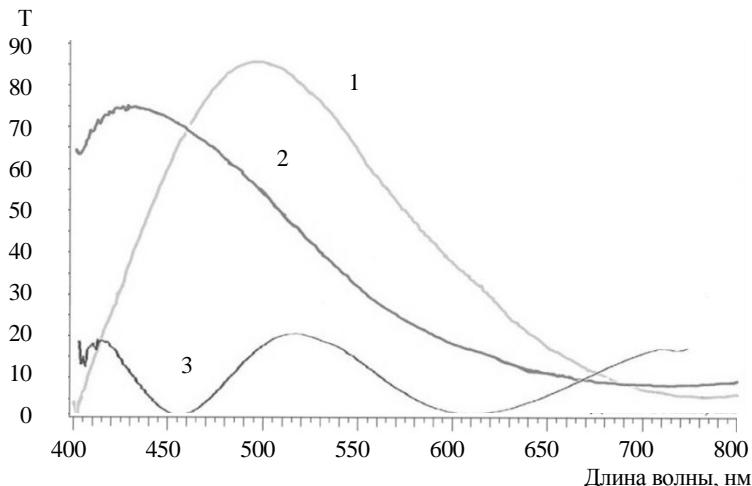


Рис. 5. Схема 2

1 – источник света, 2 – 1-й поляроид, 3 – стекло, 4 – скотч разной толщины, 5 – 2-й поляроид

величиной двулучепреломления кварца (0,017 – 0,023), больше величины двулучепреломления топаза (0,008), но меньше двулучепреломления полиэтилена (0,024).



1 – скотч в два слоя, 2 – скотч в три слоя, 3 – скотч в четыре слоя

Рис. 6. Спектр пропускания системы из скрещенных линейных поляризаторов и скотча

Выводы

1. Реализуя схему, изображенную на рисунке 2, делаем вывод о том, что свет, прошедший через такую систему, становится линейно поляризованным для всех длин волн.

2. Для скотча в один слой цвет прошедшего излучения желтый и голубой, в два – светло-зеленый и темно-красный, в три – синий и желтый, в четыре и пять – красный и зеленый.

3. Было выяснено, что спектр пропускания светофильтра, образованного из скотча, расположенного между поляроидными пленками, зависит от числа слоев скотча и взаимной ориентации поляроидов.

4. Из проведенного эксперимента следует, что оптическая система, состоящая из скотча разной толщины, расположенного между двумя поляризаторами, представляет собой фильтр Вуда.

5. Была определена величина двулучепреломления скотча, которая равна 0,019.

6. Были исследованы анизотропные свойства скотча.

Экспериментально выяснено, что этот материал обладает двулучепреломлением. Полоски скотча разной толщины, расположенные между двумя поляроидными пленками, образуют светофильтр (фильтр Вуда). Спектр пропускания зависит от числа слоев скотча и взаимной ориентации плоскостей пропускания поляроидных пленок.

7. Результаты проведенной работы могут быть использованы при создании лабораторного практикума «Исследование явления двулучепреломления».

Литература

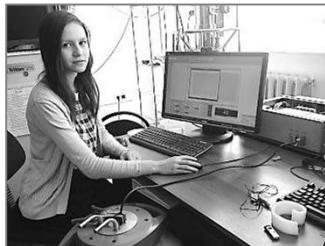
1. Калитиевский Н.И. Волновая оптика. – М.: Наука, 1971. – 376 с.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976. – 928 с.
3. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика. 11 класс : Учеб. для общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2009. – 399 с.
4. Величина двулучепреломления [Электронный ресурс]. mustzim.ru.
5. Механические свойства полиолефинов [Электронный ресурс]. www.ingseti.ru.
6. Поляризация [Электронный ресурс]. http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics.

Ограничители тока на основе сверхпроводящих материалов

Раянова Радмила Робертовна

11 класс, МАОУ лицей № 38, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Л.С. Ревин,
младший научный сотрудник ИФМ РАН



Исследована возможность использования высокотемпературных сверхпроводящих пленок (ВТСП) в качестве ограничителя тока. Проведены измерения образца ВТСП пленки, на основе сравнения с теорией получены ее основные характеристики. Построена модель работы ограничителя тока на основе ВТСП (Matlab). Проведено сравнение классического полупроводникового ограничителя со сверхпроводящим ограничителем тока. Выведен закон Мура для сверхпроводящих ограничителей тока.

Одной из задач современной электроэнергетики является решение проблемы короткого замыкания и, как следствие, порчи дорогостоящего оборудования и источников, подключенных в цепь. В настоящее время несколько компаний и научных групп занимаются разработкой новых ограничителей тока. В частности, российская компания «СуперОкс» разрабатывает сверхпроводящие ограничители тока на основе высокотемпературных и низкотемпературных пленок и порошков. В отличие от полупроводниковых элементов, сверхпроводящие ограничители позволяют существенно снизить затраты из-за отсутствия Джоулева нагрева [6].

Данная работа посвящена исследованию возможности использования высокотемпературных сверхпроводящих пленок (ВТСП) в качестве ограничителя тока. Задачи: провести измерения образца ВТСП; на основе сравнения с теорией получить основные характеристики пленки; построить модель работы ограничителя тока на основе ВТСП (Matlab).

Теоретические сведения

В рабочем режиме электрической сети ток, текущий под действием ЭДС, определяется сопротивлением внешней цепи и внутренним сопротивлением источника:

$$E = IR + IR_0.$$

Но в рабочем режиме может случиться сбой, приводящий к короткому замыканию (КЗ). В этом случае напряжение на внешнем участке цепи пропадает, и ток в цепи определяется внутренним сопротивлением R_0 :

$$I_{\text{к.з}} = E / R_0.$$

Короткое замыкание является аварийным режимом, так как возникающий при этом большой ток может привести в негодность источник и приборы. Поэтому в цепи обязательно нужны устройства, ограничивающие ток при аварийной ситуации.

В качестве ограничителей тока, используемых на электростанциях, могут быть предложены сверхпроводящие ограничители тока (СОТ), созданные на основе высокотемпературных и низкотемпературных пленок и порошков.

Результаты экспериментальных исследований

В данной работе исследовались высокотемпературные сверхпроводники – материалы, которые при охлаждении жидким азотом начинают пропускать малый ток без сопротивления.

В ходе работы пленка сверхпроводника закреплялась в медном держателе, который впоследствии опускался в жидкий азот. Измерения вольт-амперной характеристики проводились с помощью источника, управляемого компьютером, результаты выводились на монитор.

На рисунке 1 приведена вольт-амперная характеристика образца. Видно, что при токах примерно $I_c = 20$ мА пленка сверхпроводника может пропускать электрический ток без сопротивления.

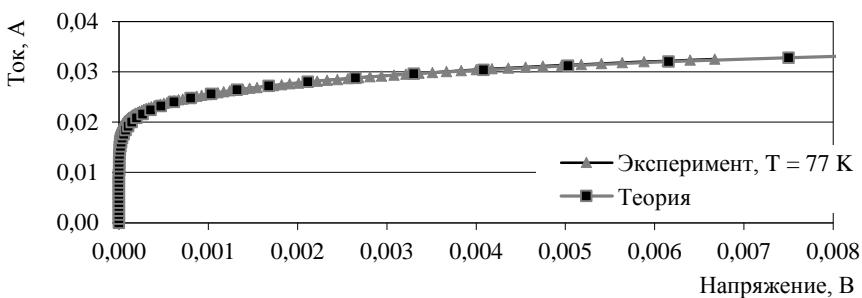


Рис. 1. Вольт-амперная характеристика пленки: экспериментальные данные и теоретическая кривая

Проведено сравнение полученных экспериментальных данных с теорией [2]: $Rc = (M / I) \cdot (I / I_c)^N$; получены основные параметры образца: $M = 0.00004$ – параметр, определяющий выход пленки на омическую зависимость, $N = 8$ – показатель степени вольт-амперной характеристики ВТСП провода, определяющий качество сверхпро-

водника, соответствующий литературным данным [5]. В результате была построена электрическая модель ограничителя тока (рис. 2). На рисунке 3 изображена фотография схемы электрической цепи.

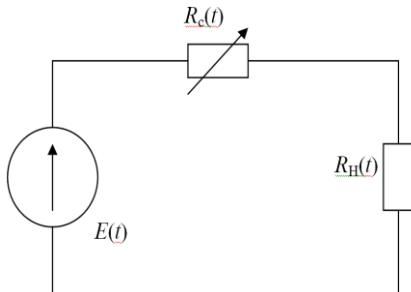


Рис. 2. Эквивалентная схема цепи

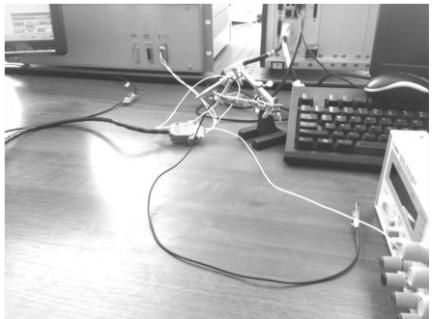


Рис. 3. Фотография схемы измерений

На эквивалентной схеме цепи изображены $E(t)$ – ЭДС тока, $R_c(t)$ – сопротивление сверхпроводящей пленки, $R_h(t)$ – сопротивление нагрузки.

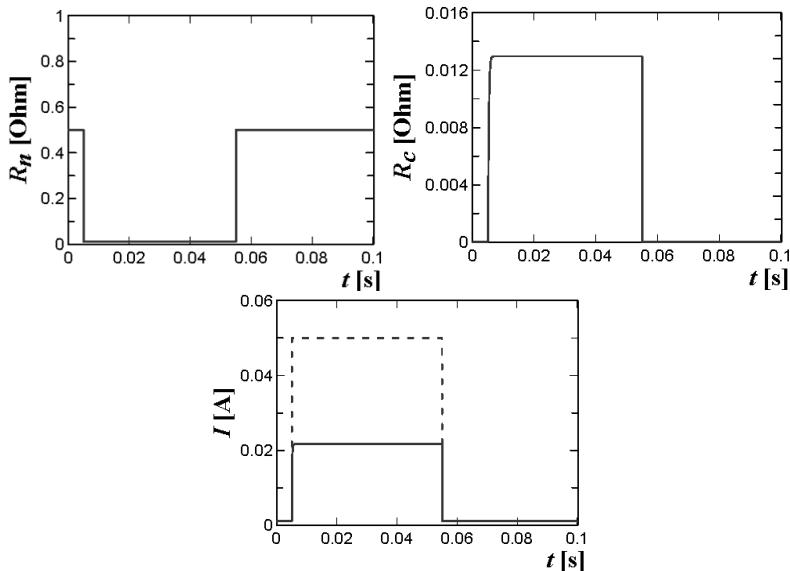


Рис. 4. (Слева направо) Сопротивление нагрузки R_h ; сопротивление пленки R_c ; ток в цепи I со сверхпроводящим ограничителем тока (сплошная линия) и без ограничителя (пунктирная линия)

Сопротивление нагрузки в рабочем режиме дает рабочий ток в цепи меньше критического, и значит, сопротивление пленки отсутствует. Во время короткого замыкания сопротивление нагрузки R_h падает до малого значения R_{K3} , ток растет, пленка выходит из сверхпроводящего состояния – появляется большое добавочное сопротивление пленки, которое и ограничивает ток.

На основе экспериментальных данных была написана программа в среде MatLab и получены основные зависимости (рис. 4). На рисунке приведены: сопротивление нагрузки, которое при коротком замыкании падает до значения, близкого к нулю; сопротивление пленки сверхпроводника, которое во время короткого замыкания скачком становится ненулевым; ток в сети со сверхпроводящим ограничителем тока (сплошная линия) и без ограничителя (пунктирная).

Таким образом, при отсутствии ограничителя ток КЗ был бы гораздо выше, чем при его наличии. Разница больше чем в 2 раза.

Закон Мура для СОТ

Одной из задач данной работы было сравнение классического ограничителя тока со сверхпроводящим ограничителем. Используя данные о полупроводниковом ограничителе тока (позисторе) с официальных сайтов продаж [3, 7], а также сведения о развитии сверхпроводящих технологий [2, 4], получен аналог закона Мура для СОТ.

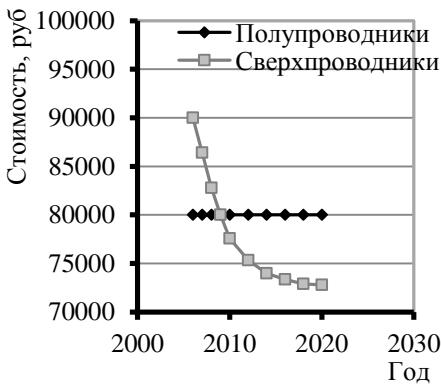


Рис. 5. Изменение цены на сверхпроводник и полупроводник

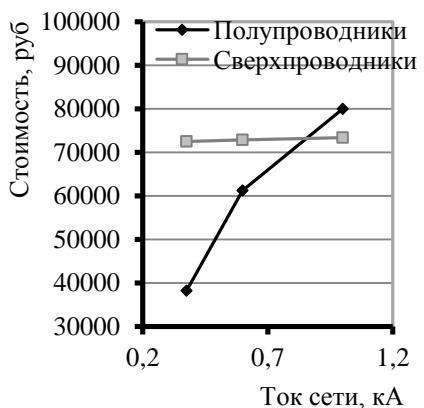


Рис. 6. Стоимость ограничителей в зависимости от требования сети

Расчет был выполнен для сетей среднего напряжения (1 кА тока, 1 год работы). Найдены и соотнесены потери в рабочем режиме,

стоимость материалов и эксплуатации полупроводниковых и сверхпроводящих элементов ограничения тока. В результате показаны условия, при которых становится выгодным использование СОТ (рис. 5, 6). Сверхпроводники становятся невыгодными, если сеть имеет малую мощность (малое напряжение). В этом случае больше денег тратится на охлаждение сверхпроводника.

Заключение

Исследована возможность использования высокотемпературных сверхпроводящих пленок в качестве ограничителя тока. В результате измерения образца ВТСП удалось провести сравнение с теорией и получить основные характеристики пленки.

Измерение свойств образцов и сравнение с теорией позволяют получить характеристики пленки, на основе которых можно выбирать параметры, удовлетворяющие задачам работы цепи (напряжение, рабочий ток цепи, ток короткого замыкания) по аналогии с полупроводниковыми ограничителями.

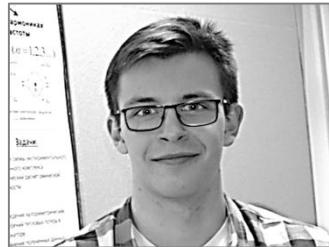
Литература

1. *Kalsi S.S. Applications of high temperature superconductors to electric power equipment.* – New Jersey: John Wiley & Sons Inc., 2011. – 312 р.
2. *Александров Н.В. Исследование влияния сверхпроводниковых трансформаторов на режимы электроэнергетических систем* // Диссертация кандидата технических наук. – Новосибирск, 2014. – 145 с.
3. *Алексеев Б.А. Полупроводниковые ограничители токов короткого замыкания* // «ЭЛЕКТРО», 2008, № 3. – С. 50 – 56.
4. *Желтов В.В., Иванов С.С., Кацай А.В., Комарков А.Д. Перспективы использования высокотемпературных сверхпроводников* // Энергия: экономика, техника, экология. 2011, № 6. С. 11 – 22.
5. *Манусов В.З., Александров Н.В. Ограничение токов короткого замыкания с помощью трансформаторов* // Известия Томского политехнического университета [Известия ТПУ]. – 2013. Т. 323, № 4 «Энергетика». С. 100 – 105.
6. *Сальников В.Г. Экономия электроэнергии в промышленности.* – Алматы: Казахстан, 1984. – 124 с.
7. Электронные компоненты для производства [Электронный ресурс] // Сайт «ПЛАТАН». <http://www.platan.ru>.

Возможности стабилизации частоты излучения гиротрона

Чекмарев Никита Владиславович
11 класс, МБОУ СОШ № 174, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.И. Цветков,
научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат
технических наук



В работе исследуется возможность стабилизации частоты излучения гиротрона за счет модуляции анодного напряжения. В результате анализа спектра и измерений мощности излучения была показана возможность компенсации нестабильности частоты излучения, обусловленной пульсациями источника ускоряющего напряжения.

Ряд таких научно-технических задач, как нагрев плазмы в установках УТС, выращивание алмазных кристаллов и дистанционное обнаружение радиоактивных материалов, успешно решаются с использованием гиротронов, но имеются приложения, для которых особенно важна стабильность частоты излучения источника, например, спектроскопия, где нестабильность частоты приводит к ухудшению разрешающей способности.

Основной причиной нестабильности частоты излучения являются пульсации источника ускоряющего напряжения (в нашем случае около 0,15% от номинального значения с частотами в десятки килогерц).

Частота излучения гиротрона ω_{gen} приблизительно равна частоте вращения электронов ω_H в магнитном поле или кратна ей: $\omega_{gen} \approx n * \omega_H$ ($n = 1,2,3 \dots$). Частота вращения электронов $\omega_H = \frac{eH_0}{mc\gamma}$, где e – заряд электрона, H_0 – напряженность магнитного поля, m – масса покоя электрона, c – скорость света, $\gamma = 1 + \frac{eU}{m_0c^2}$ – релятивистский фактор, U – ускоряющее катодное напряжение катод-резонатор, создаваемое источником катодного напряжения.

При изменении анодного потенциала меняются характеристики электронного пучка, а следовательно и частота генерации гиротрона, что можно использовать для стабилизации частоты генерации.

Изменение анодного напряжения осуществлялось с помощью специально изготовленного модулятора. Потенциал на его выходе меняется в пределах ± 250 В пропорционально управляемому сигналу в пределах 0 – 10 В.

Первым этапом эксперимента была оценка быстродействия модулятора. Для этого на регулировочный вывод модулятора подавались прямоугольные импульсы (рис. 1, верхний график) и снимались показания выходного напряжения (рис. 1, нижний график). Видно, что длительность фронтов и срезов составляет не более 7 мкс. Это время можно уменьшить, сократив длину соединительных высоковольтных кабелей, хотя и его вполне достаточно для компенсации пульсаций с частотой порядка 10 кГц. Далее снимались показания мощности излучения гиротрона при подаче на модулятор тех же прямоугольных импульсов (рис. 2). Можно видеть, что время фронтов и спадов существенно не изменилось.

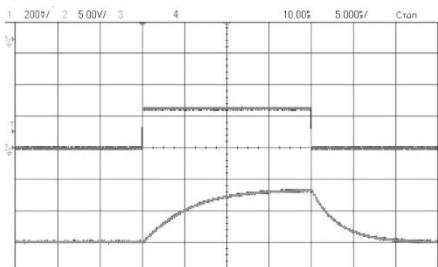


Рис. 1. Отклик напряжения модулятора

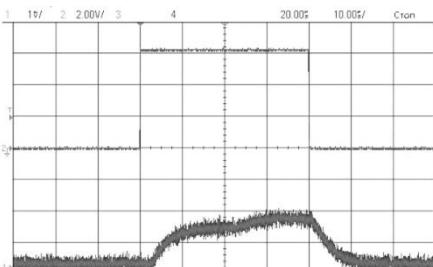


Рис. 2. Отклик характеристик излучения

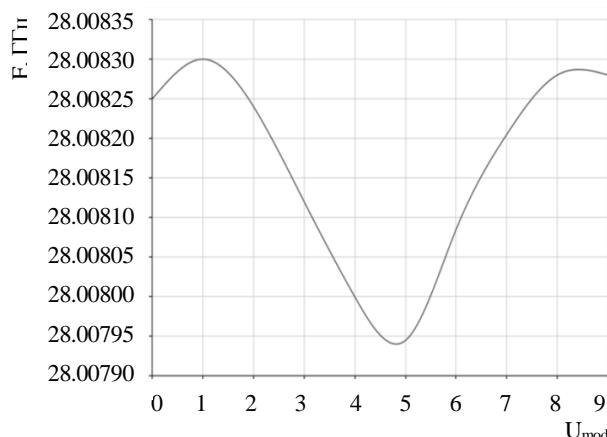


Рис. 3. Экспериментально измеренная зависимость частоты от управляющего сигнала модулятора

Следующим этапом эксперимента было исследование зависимости частоты излучения от падения напряжения на модуляторе. Для этого на модулятор последовательно подавалось напряжение от 0, 1, 2, ..., 9 В и при каждом его значении измерялась частота из-

лучения с помощью анализатора спектра. В результате был получен следующий график (рис. 3). Данная зависимость позволяет реализовать компенсацию нестабильности частоты.

Затем исследовался спектр гиротрона в зависимости от различных управляющих сигналов. На рисунке 4 можно видеть спектр выходного излучения гиротрона при постоянном анодном потенциале. Его ширина составляет около 0,2 МГц, что обусловлено пульсациями ускоряющего напряжения. Далее снимался спектр при подаче на вход модулятора различных колебаний с генератора сигналов произвольной формы. На рисунке 5 представлен спектр при подаче на модулятор синусоиды с размахом 4 В.

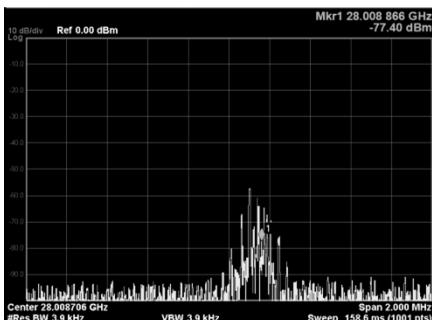


Рис. 4. Собственный спектр

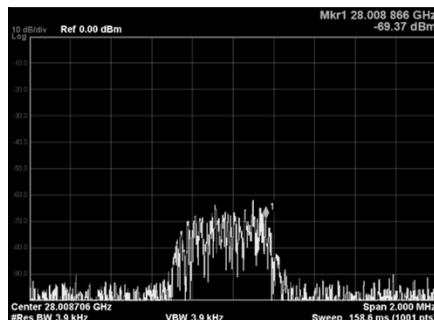


Рис. 5. Спектр излучения гиротрона с синусоидой на модуляторе

По результатам эксперимента может быть реализована схема обратной связи. Часть излучения будет направляться в устройство для сравнения этой частоты с требуемой, источником которой станет высокостабильный генератор. Исходя из результатов этого сравнения на вход модулятора будет подаваться такое напряжение, чтобы скомпенсировать отклонение.

В процессе исследования выявлена связь между частотой и анодным напряжением, не обнаружено факторов, препятствующих повышению стабильности частоты излучения модуляцией анодного напряжения. Время, за которое можно изменить до определенного уровня анодное напряжение, составляет около 7 мкс, при оптимизации экспериментальной установки оно будет существенно уменьшено, но и этого вполне достаточно для компенсации пульсаций напряжения с частотой порядка 10 кГц.

Литература

1. *Nusinovich G.S.* Introduction to the Physics of Gyrotrons, Johns Hopkins University Press. – Baltimore and London, 2004. – 335 c.
2. *Гапонов А.В., Петелин М.И.* Мазеры на циклотронном резонансе // В кн. «Наука и человечество». – М.: Знание, 1980. – 283 с.
3. *Мануилов В.Н.* Электронные пучки для мазеров на циклотронном резонансе и лазеров на свободных электронах // Соросовский образовательный журнал, 2001, № 10. – С. 81 – 87.
4. *Цимлинг Ш.Е.* Мазеры на циклотронном резонансе. – Горький: ГГУ им. Н.И. Лобачевского, 1968. – 92 с.

Исследование зависимости оптической прозрачности среды от температуры

Юдин Кирилл Александрович

8 класс, МАОУ СОШ № 4, г. Бор Нижегородской области, ШОИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.И. Лапин,

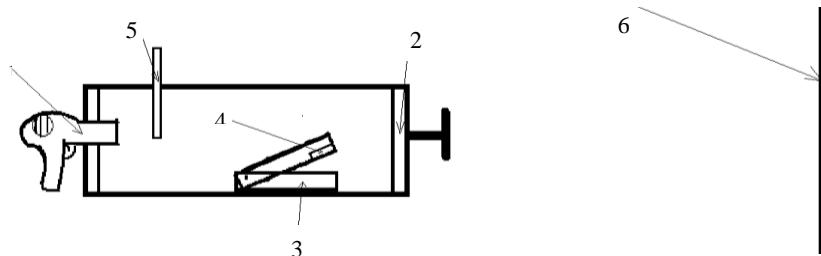
доцент НГПУ им. К. Минина, зав. научно-исследовательским отделом Нижегородского планетария, кандидат физико-математических наук



В работе рассмотрена гипотеза об изменении хода луча лазера при изменении температуры разных слоев воздуха. Разработана экспериментальная установка, на которой был проведен эксперимент. Установлено, что грубые измерения не приводят к результату о фиксировании изменения хода светового луча.

Наблюдения показывают, что звезды мерцают. В литературе [1] сказано, что мерцание происходит из-за изменения температуры слоев воздуха, что приводит к изменению хода световых лучей. То есть слои воздуха с разной температурой выступают в роли собирающей или рассеивающей линзы.

Для подтверждения данной гипотезы была собрана экспериментальная установка. Схема и фотография установки приведены на рисунке 1.



1 – фен (нагревательный прибор), 2 – открываящаяся крышка;
3 – подвижная конструкция позволяющая менять угол между горизонталью и лучом лазера, 4 – лазер, 5 – термометр, 6 – экран

Рис. 4. Схема установки

Методика измерений состоит в следующем. На ровной поверхности размещается установка, включается лазер, с помощью

транспортира выставляется угол. Положение лазера на экране фиксируется. С помощью фена повышаем температуру внутри камеры. Замеряем температуру внутри с помощью термометра. Выжидаем время для установления теплового баланса. Убираем переднюю крышку, на ее ме-

сте создается слой воздуха с разными температурами, именно он и является границей раздела двух сред, на котором и смотрим преломление светового луча. Замеряем расстояние между первичным и последующим положением луча. По смещению луча вычисляем относительный показатель преломления при данной температуре. Эксперимент проводился несколько раз. Результаты приведены в таблице.

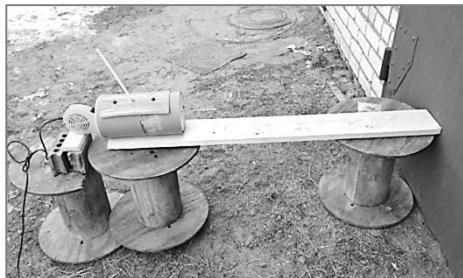


Рис. 5. Фотография установки

Таблица. Результаты эксперимента

Разность температуры (°C)	Смещение (мм)	Угол падения (°)
45	0	15
45	0	20
45	0	25
25	0	15
25	0	20
25	0	25

По результатам видно, что метод измерения, предложенный в данном эксперименте, недостаточно точен, то есть заметить изменение хода луча не удалось. Изменениям подверглась система фиксирования результатов. Для этого луч направлялся в объектив фотокамеры, где и происходило фиксирование изменения положения луча. Результаты эксперимента показали, что фиксирование данным способом так же не удовлетворяет точности, то есть заметить что-либо не удалось. При изучении изображений было отмечено изменение формы пятна: на видео была представлена не точка, а пятно размером в несколько десятков пикселей. Это можно объяснить дрожанием системы в целом или неточностью в фокусировке фотоаппарата. Для удаления первого несоответствия необходимо с открытого воздуха переместиться в закрытое помещение, а чтобы удалить второй недо-

чет, надо снимать не видео, а одиночный кадр, но с большой выдержкой и в полной темноте. Тогда будет получено изображение, на котором можно будет удалить все дрожания и отметить только то, что непосредственно связано с перемещением луча.

Оценим размеры помещения, в котором можно проводить измерения, чтобы избежать оба недочета. При съемке использовался фотоаппарат, имеющий размер матрицы 24×18 кв.мм. и 12 Мп. Тогда на 1 mm^2 приходится 2700 пикселей, что соответствует 160 пикселям на 1 мм, то есть расстояние между пикселями соответствует 6 мкм. Смещение луча на половину градуса удастся зафиксировать, если луч на матрице сместится на 5 мм. Тогда расстояние, на котором можно зафиксировать $l = \frac{x}{\tan \varphi}$, где x – смещение, равное 5 мм, φ – угол в

половину градуса. Расстояние, на котором можно зафиксировать данное изменение, соответствует 0,5 м. Такое расстояние вполне доступно в лаборатории. Полученные результаты справедливы для угла в половину градуса. Если угол составит одну угловую минуту, то расстояние будет равно 17 м, а если предположить, что изменение составит несколько угловых секунд, то расстояние приблизится к километру.

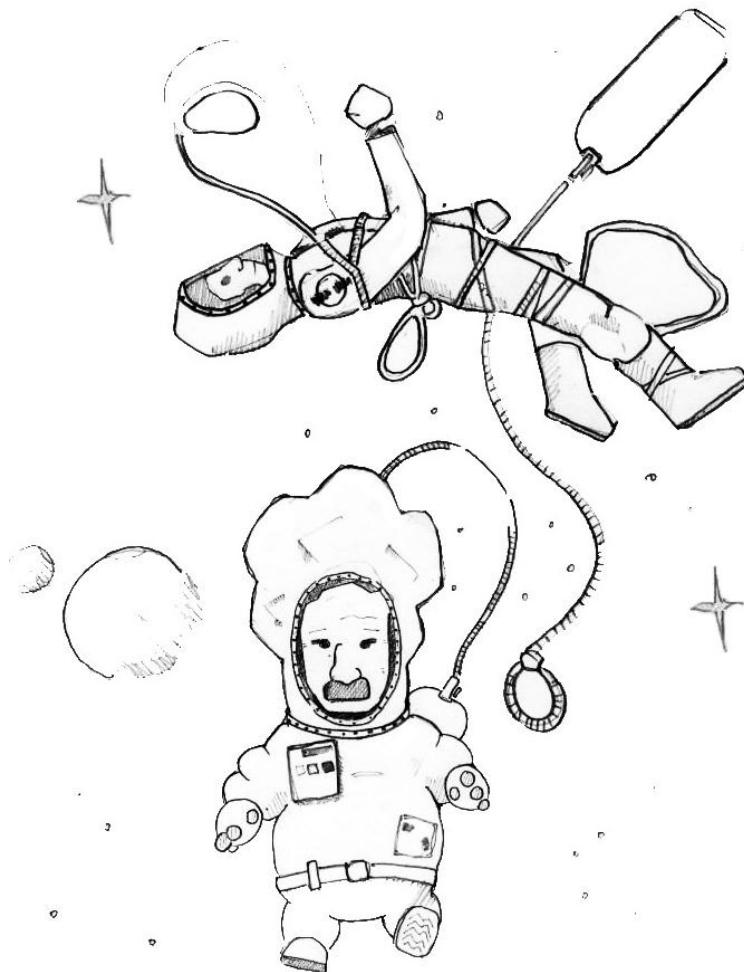
Следовательно, для улучшения методики необходимо изначально определить те изменения в положении луча, которые вызваны влиянием окружающей среды (дрожание пола и установки, движение воздушных масс), а затем проводить эксперимент с нагретым воздухом. Тогда, удаляя все погрешности, можно выделить смещение луча.

В экспериментах не удалось обнаружить изменения хода луча в слоях воздуха разной температуры, хотя удается наблюдать миражи над поверхностью нагретого асфальта. Это позволяет сделать вывод о том, что измерения изменения направления хода луча не зарегистрированы из-за грубости измерений, которые проводились на открытом воздухе. Расчет расстояний показывает, что данные измерения могут быть проведены в лабораторных условиях, что и предстоит сделать в новом учебном году.

Литература

1. Ландсберг Г.С. Оптика. 6-е изд. – М.: Физматлит, 2003. – 848 с.

Астрономия



Наблюдения Юпитера и его спутников. Метод Ремера как первый астрономический способ определения скорости света

Баландин Виталий Ярославович

6 класс, МАОУ гимназия № 2, Н.Новгород

Научный руководитель У.С. Авдеенко, зам. директора МБУК «Нижегородский планетарий»



В работе повторен астрономический метод определения скорости света, выполненный Олафом Ремером 340 лет назад. На протяжении шести месяцев проводились наблюдения за выходом спутника Юпитера Ио. В результате сравнения наблюдавшего времени появления Ио из-за тени Юпитера и ожидаемого времени, исходя из известного периода обращения спутника, проведен расчет скорости света. Результат составил 277.777 км/с, что близко к современным данным скорости света – 299.790 км\с.

Наблюдения звездного неба с древних времен привлекали людей. Закономерности в мире планет позволяют лучше понять и изучать процессы и законы природы на Земле.

340 лет назад, в 1676 году, в Парижской обсерватории датский астроном Олаф Ремер, наблюдая за периодами затмения спутника Ио, сделал открытие о конечности скорости света и впервые рассчитал ее величину. В работе мы повторили опыт Ремера и провели собственные расчеты скорости света.

Цель исследования – наблюдения за периодами обращения спутника Ио вокруг Юпитера и анализ полученных результатов.

Методика проведения наблюдений. Для наблюдений использовали телескоп с увеличением 300х. Наблюдения проводились на профессиональном телескопе в астрономической обсерватории Ниже-

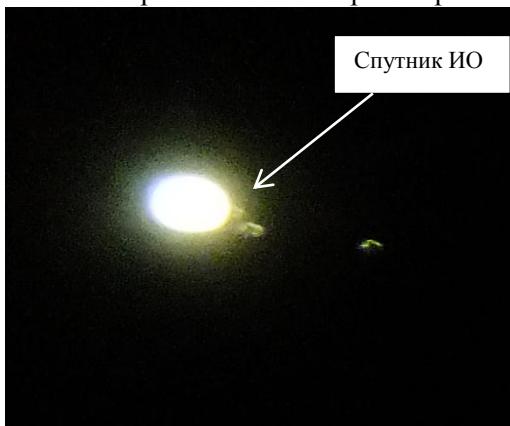


Рис. 1. Фото наблюдений в телескоп момента выхода спутника Ио из-за тени Юпитера

городского планетария. При плохой видимости в связи с атмосферными явлениями использовали наблюдения в астрономической программе Stellarium.

Описание наблюдений:

- с 23.09.2013. по 21.03.2014 года проводились наблюдения за появлением Ио из-за тени Юпитера;
- наблюдения проводились по программе Stellarium и при помощи телескопа;
- результаты наблюдений зафиксированы в таблице;
- параллельно проведены расчеты времени появления Ио, исходя из периода обращения Ио вокруг Юпитера, равного 42 ч 28 мин.;
- проведены вычисления отклонений расчетного времени от времени, зафиксированного в наблюдениях;
- наблюдалось нарастающее опережение появления Ио из-за тени Юпитера. В течение шести месяцев максимальное опережение составило 18 мин.

Анализ проведенных наблюдений. В начале наблюдений расчеты времени появления Ио соответствовали 42 ч 28 мин. Отклонений в расчетах и времени наблюдений не отмечалось.

С конца октября наблюдалось несоответствие наблюдаемого и ожидаемого времени появления Ио. С 22 октября Ио вышел из тени Юпитера раньше ожидаемого времени, начиная с опережения в 1 мин. Постепенно время опережения нарастало, максимальное опережение за 6 месяцев составило 18 мин (см. таблицу наблюдений).

Таблица наблюдений (сокращенный вариант)

Дата	Время расчетное, исходя из периода обращения Ио – 42ч. 28мин.	Время наблюдаемое	Величина отклонения, мин.
23. 09.2013	23:13	23:13	0
25. 09.2013	17:41	17:41	0
22.10.2013	06:40	06:39	+1
01.11.2013	21:28	21:27	+1
08.11.2013	23:20	23:18	+2
17.11.2013	19:40	19:38	+2
21.11.2013	08:36	08:33	+3
01.12.2013	23:24	23:20	+4
09.12.2013	01:16	01:11	+5
17.12.2013	21:36	21:30	+6

Продолжение таблицы

23.12.2013	05:00	04:53	+7
02.01.2013	19:48	19:40	+8
08.01.2013	03:12	03:03	+9
16.01.2013	23:32	23:22	+10
25.01.2013	19:52	19:41	+11
31.01.2013	02:16	02:04	+12
08.02.2013	22:36	22:23	+13
16.02.2013	00:28	00:14	+14
24.02.2013	20:48	20:33	+15
03.03.2013	22:40	22:24	+16
11.03.2013	00:32	00:16	+17
21.03.2013	15:20	14:58	+18

В результате наблюдений за спутником Юпитера Ио можно сделать следующие выводы: период обращения спутника Ио вокруг Юпитера равен 42 ч 28мин.: спутник появляется раньше расчетного времени, это связано с тем, что свету требуется меньше времени для достижения Земли, то есть наши наблюдения происходили в период, когда Земля приближалась к Юпитеру при своем движении по орбите (рис. 2).

Расчет скорости света. За период своего приближения к Юпитеру при движении по орбите Земля за шесть месяцев наблюдения переместилась на расстояние диаметра своей орбиты (диаметр орбиты Земли равен 300 млн. км). Время, которое потратил свет на прохождение этого расстояния, составило 18 мин. (1080 с.).

По результатам наблюдений проведен расчет:

$$- \quad 300.000.000 / 1080 \text{ с} (18 \text{ мин.}) = 277.777 \text{ км/с};$$

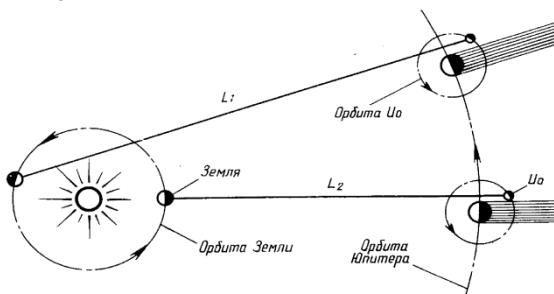


Рис. 2. Схема расположения Юпитера относительно Земли во время наблюдений:
 L_1 – путь прохождения света в начале наблюдений,
 L_2 – путь прохождения света в конце наблюдений
 (спустя 6 месяцев),
 $L_1 - L_2$ – величина, приближенно равная диаметру орбиты Земли

- данные Ремера – 228.000 км/с;
- современные данные – 299.790 км/с;
- наш результат – 277.777 км/с.

Таким образом, полученный результат 277.777 км/с больше результата Ремера и ближе к современным данным, полученным путем измерения скорости света в вакууме.

Заключение

Проведенные наблюдения Юпитера и периодов обращения спутника Ио позволили повторить опыт Олафа Ремера. Анализ полученных результатов привел к выводам о конечности скорости света.

Проведен астрономический метод определения скорости света. Результат, полученный при расчете величины скорости света, близок к современным данным.

Литература

1. Голин Г.М., Филонович С.Р. Классики физической науки (с древнейших времен до начала XX в.): Справ. пособие. – М.: Высш. шк., 1989. – 576 с.
2. Майлс Л., Смит А. Астрономия и космос. Энциклопедия. – М.: Росмэн, 2001. – 96 с.
3. Марио Льюци. История физики / Пер. с ит. Э.Л. Бурштейна. – М.: Мир, 1970. – 464 с.
4. Маров М.Я. Планеты Солнечной системы. – М.: Наука, 1986. – 320 с.
5. Спутники Юпитера / Под ред. Д. Моррисона. Пер. с англ. Т. 1 – 3. – М.: Мир, 1985 – 1986.
6. Филонович С.Р. Самая большая скорость. – М.: Наука, 1983. – 176 с.
7. Юпитер: Происхождение и внутреннее строение / Под ред. Т. Герелса. – Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 522 с.

Построение модели зонда для изучения атмосферы Венеры

Северов Егор Сергеевич

8 класс МАОУ СОШ № 186, ШНОИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.И. Лапин, доцент

НГПУ им. К. Минина, зав. научно-исследовательским отделом Нижегородского планетария, кандидат физико-математических наук



В работе обсуждается возможность исследования нижних слоев атмосферы Венеры с помощью аэростата. Кратко рассматриваются условия вблизи поверхности планеты и вычисляется возможная масса полезной нагрузки при заданном объеме зонда.

Венера – ближайшая к Земле планета. До настоящего времени исследование атмосферы Венеры проводилось только с помощью аэростатов «Вега-1» и «Вега-2» на высотах более 40 км, а также с помощью зондов, которые опускались на поверхность планеты. Долговременного же исследования нижних слоев атмосферы от поверхности и до десяти км не производилось. Выяснить различие условий на разных высотах может только аппарат, перемещающийся между разными слоями атмосферы Венеры.

В связи со сказанным возникает задача создания модели устройства – аэростата, который сможет перемещаться между различными слоями атмосферы Венеры и работать в критических условиях (высокие температура и давление).

Основная особенность зонда для исследования нижних слоев атмосферы Венеры состоит в том, что давление у поверхности должно компенсироваться давлением внутри зонда для обеспечения возможности полета.

Была проведена экспериментальная проверка изменения объемов зонда при увеличении давления снаружи. Для этого была разработана экспериментальная установка, которая представлена на рисунке 1. Установка состоит из насоса, колбы, внутри которой размещается модель зонда – воздушный шар.

Эксперимент показал, что при увеличении внешнего давления, при неизменном давлении внутри шара, происходит уменьшение объема, что влечет за собой уменьшение подъемной силы. Следовательно, для сохранения объема зонда необходимо обеспечить

давление внутри зонда, равное давлению снаружи. Данное условие учитывается при выполнении расчетов подъемной силы зонда.

Математическая модель строится на основе следующих предположений: объем зонда не изменяется и равен $V = 2 \text{ м}^3$. Сила Архимеда, действующая на зонд, равна:

$$F_A = V\rho_s g,$$

где ρ_s – плотность атмосферы Венеры у поверхности, g – ускорение свободного падения на Венере. Подъемная сила вычисляется из разности сил Архимеда и тяжести, действующих на зонд. В силу того, что в массу входят масса газа, оболочки зонда и полезной нагрузки, из равенства силы тяжести и силы Архимеда вычислим массу общую:

$$mg = V\rho_s g ,$$

следовательно,

$$m = V\rho_s .$$

Для вычисления массы газа (гелий) необходимо учесть параметры давления атмосферы и температуры у поверхности. Для этого используем уравнение Менделеева – Клапейрона:

$$pV = \frac{m_e}{\mu} RT .$$

Из этого уравнения рассчитаем массу газа, которую необходимо за качать в зонд для поддержания нужного объема у поверхности Венеры:

$$m_e = \frac{pV\mu}{RT} .$$

Для расчетов используем данные [1]: температура у поверхности Венеры $T = 740 \text{ K}$, давление у поверхности $p = 9.3 \text{ МПа}$, плотность у поверхности $\rho_s = 67 \text{ кг/м}^3$.



Рис. 6 Экспериментальная установка

Масса газа, которую необходимо закачать в зонд для поддержания нужного объема, $m_e = 12,1 \text{ кг}$.

Масса всей конструкции, которая может свободно перемещаться в слоях атмосферы Венеры, равна 133 кг. Даже если показатель массы зонда, свободно перемещающегося в атмосфере, завышен, то запаса достаточно, чтобы поднять массу оболочки и газа. Для полезной нагрузки (исследовательские приборы), остается достаточно места. Масса зонда может быть не более 100 кг, что вполне удобно для доставки его к Венере.

Перемещение зонда с полезной нагрузкой в слоях атмосферы осуществляется по следующей схеме. На борту имеется баллон с гелием. Газ из баллона используется для накачки сферы. Как только зонд начнет подниматься вверх, накачка сферы останавливается, так как с ростом высоты параметры атмосферы Венеры изменяются, для подъема не требуется дополнительный газ, а для спуска откачиваем газ в баллон.

Основная проблема – разработка оборудования и материала сферы, которые смогли бы работать при температурах, близких к 800 К, и давлениях, встречающихся на Земле на больших глубинах, а также в условиях химически агрессивной среды. В качестве оболочки сферы можно использовать эластичный огнеупорный материал (патент № 1028639).

В заключении отметим, что первичный анализ показал возможность построения зонда для исследования Венеры.

Литература

1. *Taylor F. W., Hunten D. M. Venus: atmosphere // Encyclopedia of the Solar System / T. Spohn, D. Breuer, T. Johnson. – Elsevier, 2014. P. 305 – 322.*

ХИМИЯ



«Морской женщина» – исследование состава ламинарии и его влияния на здоровье человека

Баскин Никита Романович

8 класс, МБОУ школа № 117, Нижний Новгород

Научные руководители М.Ю. Пономарева,

учитель химии высшей категории,

А.В. Козлов, доцент ФГБОУ ВПО НГПУ

им. К. Минина, кандидат биологических наук



В работе исследован состав морской водоросли – ламинарии. С помощью качественных реакций доказано наличие в ламинарии йода, витамина С, рибофлавина, каротина, маннита, ионов железа (III). Определена степень набухания ламинарии и ее сорбционные способности. Установлено положительное влияние употребления продуктов из ламинарии на холестерин.

Современный человек потребляет все больше искусственных продуктов и испытывает серьезный дефицит витаминов, макро- и микроэлементов. По данным Института питания РАМН актуальным является вопрос о здоровом питании. Речь идет не просто о натуральных продуктах, а о пище, способной обеспечить организм полезными веществами. Одним из таких продуктов являются продукты из ламинарии – морской капусты.

Данная работа посвящена изучению состава этого уникального растения и возможности использования продуктов из ламинарии в медицине, косметологии, пищевой промышленности и других областях.

Цель работы – ответить на вопрос: почему ламинарию называют «морским женщем»? Задачи: найти информацию о составе ламинарии и его влиянии на организм человека, выяснить области применения ламинарии; провести эксперимент, раскрывающий качественный состав ламинарии; проанализировать результаты регулярного употребления ламинарии и ее влияние на холестерин, предложить рекомендации по применению ламинарии для укрепления здоровья.

Еще в древности люди знали об огромной пользе ламинарии. В XVII веке правитель Сюань Канси из маньчжурской династии издал строжайший указ, обязывающий всех китайцев съедать в год не менее пяти фунтов морской капусты для укрепления здоровья и долголетия. Восточные врачи уверяют, что если при

рождении ребенка дать матери лист сырой ламинарии, то материнское молоко будет полноценным и ребенок вырастет здоровым, а после сорока лет продукты из ламинарии обязательно должны присутствовать в рационе даже здоровых людей.

В ламинарии содержится почти вся таблица Менделеева, причем в легко доступной для организма органической форме. Она является источником биологически активных веществ, особенно полисахаридов (до 75%). В свежих водорослях имеются почти все витамины, а по количеству некоторых важных витаминов водоросли даже «обогнали» многие овощи и фрукты. Так, витамина B_2 в морской капусте в 200 раз больше, чем в картофеле, и в 40 раз больше, чем в моркови. По содержанию витамина С многие ламинарии даже богаче яблок. А количество йода в ламинарии в несколько тысяч раз больше, чем в наземной флоре.

В ходе исследования состава ламинарии качественными реакциями доказано:

1) присутствие йода – путем озоления ламинарии получили соли йода. При окислении перекисью водорода выделили простое вещество «йод» и доказали его образование качественной реакцией на крахмал (посинение);

1) наличие ионов железа (III) в водной вытяжке из золы ламинарии с помощью цианида калия (розовое окрашивание) и желтой кровянной соли (синее окрашивание);

2) присутствие витамина С доказали двумя способами:

a) по обесцвечиванию раствора перманганата калия (под действием витамина С перманганат ион (розовый) превращается в ион марганца (+2) (бесцветный));

b) появление синего окрашивания хлорида железа (III) под действием красной кровянной соли. Аскорбиновая кислота (витамин С), окисляясь, восстанавливает гексациано-феррат (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$ до гексациано-феррата (II) калия $K_4[Fe(CN)_6]$, который с ионом железа в степени окисления +3 образует в кислой среде берлинскую лазурь;

3) присутствие маннита (шестиатомного спирта) доказали с помощью борной кислоты, которая образует с маннитом комплексные соединения $H[B(OH)_2[C_6H_{10}(OH)_6]]$, изменяющие окраску метилоранжа;

4) наличие каротина определили методом бумажной хроматографии. Для анализа использовали спиртовую вытяжку каротина из ламинарии, при размывании пятна появляется

характерное желтое окрашивание;

5) присутствие рибофлавина определено качественной реакцией с нитратом серебра в нейтральной среде (комплекс красного цвета, в вытяжке ламинарии раствор приобретает розовый цвет).

Ламинария стимулирует работу пищеварительной системы, выводит вредные вещества (даже свинец и радионуклиды) из организма. Впервые это свойство альгинатов выявил в 1957 году канадский исследователь D. Waldron-Edward. В желудочно-кишечном тракте человека соли альгиновой кислоты не перевариваются, а только сильно набухают.

В ходе исследования установлено, что 16 граммов сухой ламинарии способно впитать в себя 30 граммов дистиллированной воды. Степень набухания ламинарии равна 187 %. С этим свойством ламинарии связано слабительное действие морской капусты. Увеличиваясь в объеме, ламинария вызывает раздражение рецепторов слизистой оболочки кишечника, что усиливает перистальтику. Обволакивающее действие альгиновой кислоты способствует задержанию всасывания воды в кишечнике, что приводит к нормализации стула. Благоприятное сочетание клетчатки и минеральных солей в морской капусте не только ликвидирует застойные явления в желудочно-кишечном тракте – причину множества заболеваний, но и на длительное время регулирует нарушенную функцию органов пищеварения. Это свойство ламинарии особенно ценно для жителей городов, часто испытывающих на себе последствия гиподинамии и высококалорийной пищи. Даже длительное время прикованные к постели больные, принимавшие морскую капусту, восстанавливали нормальное пищеварение и избавлялись от запоров. Это свойство позволяет использовать ламинарию также в различных программах для похудения.

Установлены превосходные сорбирующие свойства ламинарии. Альгинаты уже на уровне желудочно-кишечного тракта связывают изотопы стронция взамен отдачи катионов кальция, а затем выводят их с калом.

В исследовании участвовала группа из трех человек, у которых был повышен общий холестерин крови. Испытуемые в течение пяти месяцев употребляли ламинарию в пищу (в любом виде). В период с сентября по январь испытуемый А. употреблял продукты из ламинарии ежедневно; испытуемая М. – редко (раз в неделю), испытуемая Г. не употребляла продукты из ламинарии.

Таблица. Изменение уровня холестерина в зависимости от употребления ламинарии

Испытуемые	Уровень холестерина, ммоль/л		
	Перед исследованием	Середина декабря	Конец января
А.	6,9	6,5	5,35
М.	6,21	5,8	5,9
Г.	5,9	5,9	5,9

Данные позволяют сделать вывод о том, что регулярное употребление ламинарии снижает уровень холестерина в крови на 1,55 ммоль/л.

Выводы

1) Установлено, что ламинария содержит огромное количество жизненно важных компонентов и является источником биологически активных веществ, витаминов, а содержание йода в ней в несколько тысяч раз больше, чем в наземной флоре; проведена серия экспериментов по установлению качественного состава ламинарии;

2) проанализировано влияние употребления ламинарии на уровень холестерина в крови. Установлено позитивное влияние на снижение уровня холестерина.

Таким образом, цель работы достигнута. Водоросль ламинария по праву может называться «морским женщением» и позволяет осуществить мечту Гиппократа: «Наша пища должна быть лекарством, а лекарство – пищей».

Литература

1. Кайшева Н.Ш., Архипова М.Н., Кайшев А.Ш. Морфолого-анатомические и фитохимические характеристики некоторых водорослей // Фармация и фармакология. 2014, № 3. С. 28.
2. Коровкина Н.В., Богданович Н.И., Кутакова Н.И. Исследование состава бурых водорослей Белого моря с целью дальнейшей переработки // Химия растительного сырья. 2007. № 1. С. 59 – 64.
3. Коровкина Н.В., Богданович Н.И. Переработка фукоидов Белого моря с целью извлечения йода // Сб. науч. трудов. Архангельск, 2004. Вып. IX. С. 124 – 127.
4. Плешиков Б.П. Практикум по биохимии растений. – М.: Колос, 1976. – 256 с.
5. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии. – М.: Высш. школа, 1969. – 574 с.
6. МУК 2.3.2721-98 Определение безопасности и эффективности биологически активных добавок к пище. Минздрав РФ. М., 1999. – 25 с.
7. Качественное определение аскорбиновой кислоты в лекарственном растительном сырье [Электронный ресурс]. <http://studall.org/all4-19285.html>

Синтез органических производных сурьмы и висмута с салициловой и ацетилсалициловой кислотой

Гиричева Марина Антоновна

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Гущин, декан химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, профессор, доктор химических наук



В работе был проведен синтез салицилатов трифенилсурьмы и трифенилвисмута, ацетилсалицилатов трифенилсурьмы и трифенилвисмута, было изучено их строение. Для синтеза продуктов был использован метод, разработанный в лаборатории и отличный от описанного в литературе. Метод основан на реакции трифенилсурьмы/трифенилвисмута с третибутилгидропероксидом и салициловой/ацетилсалициловой кислотой в эфире при комнатной температуре. Таким образом, в ходе проведенной работы были синтезированы следующие соединения: дисалицилат трифенилсурьмы $\text{Ph}_3\text{Sb}(\text{O}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}-2)_2$ с выходом 72% и $t_{\text{пл}}=186^\circ\text{C}$; дисалицилат трифенилвисмута $\text{Ph}_3\text{Bi}(\text{O}_2\text{C}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}-2)_2$ с выходом 84% и $t_{\text{пл}}=170^\circ\text{C}$; диацетилсалицилат трифенилсурьмы $\text{Ph}_3\text{Sb}(2-\text{H}_3\text{CC}(\text{O})\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO})_2$ с выходом 92% и $t_{\text{пл}}=181^\circ\text{C}$; диацетилсалицилат трифенилвисмута $\text{Ph}_3\text{Bi}(2-\text{H}_3\text{CC}(\text{O})\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO})_2$ с выходом 79% и $t_{\text{пл}}=161^\circ\text{C}$. Строение продуктов было подтверждено методами ПМР- и ИК-спектроскопии.

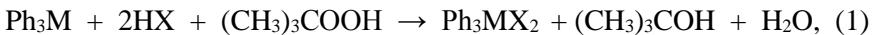
Соединения сурьмы широко используются в качестве лекарственных средств для лечения лейшманиоза [1]. В настоящее время для лечения этого заболевания используются препараты, имеющие некоторые недостатки, в том числе побочные эффекты, высокую стоимость или обладают малым сроком годности.

Органические производные висмута могут быть использованы в качестве детекторов измерительных приборов. Для эффективной регистрации гамма-излучений используются жидкие сцинтиляторы, содержащие нуклиды с высоким атомным номером, например, свинец, олово и другие. Использование органических производных висмута позволяет создать высокоэффективные спектрометры гамма-квантов больших объемов с повышенной пожаробезопасностью.

Целью данной работы был синтез следующих продуктов: салицилатов трифенилсурьмы и трифенилвисмута, ацетилсалицилатов трифенилсурьмы и трифенилвисмута, изучение их строения и свойств. Были поставлены следующие задачи: очистка исходных веществ и растворителей; проведение пробного синтеза двумя методами; синтез

и перекристаллизация полученных продуктов; определение выхода и температуры плавления полученных продуктов; подтверждение строения продуктов.

Нами был проведен синтез салицилатов трифенилсурьмы и трифенилвисмута, ацетилсалицилатов трифенилсурьмы и трифенилвисмута. Для синтеза продуктов был использован метод, разработанный в лаборатории, отличный от описанного в литературе [2, 3]. Метод основан на реакции Ph_3M с пероксидом и салициловой/ацетилсалициловой кислотой в эфире при комнатной температуре:



где $\text{HX}^1 = 2\text{-HO-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$ (салациловая кислота), $\text{HX}^2 = 2\text{-H}_3\text{C-C(O)O-C}_6\text{H}_4\text{-COOH}$ (ацетилсалициловая кислота); $\text{M} = \text{Sb, Bi}$.

В результате пробного синтеза было установлено, что замена третбутилгидропероксида на более доступный пероксид водорода приводит к существенному уменьшению выхода продукта и его чистоты. По реакции (1) были синтезированы следующие продукты:

- 1) дисалицилат трифенилсурьмы $\text{Ph}_3\text{Sb}(\text{O}_2\text{C-C}_6\text{H}_4\text{-OH-2})_2$ с $t_{\text{пл}}=186^\circ\text{C}$. Выход реакции составил 72%;
- 2) дисалицилат трифенилвисмута $\text{Ph}_3\text{Bi}(\text{O}_2\text{C-C}_6\text{H}_4\text{-OH-2})_2$ с $t_{\text{пл}}=170^\circ\text{C}$. Выход реакции составил 84%;
- 3) диацетилсалицилат трифенилсурьмы $\text{Ph}_3\text{Sb}(2\text{-H}_3\text{CC(O)O-C}_6\text{H}_4\text{-COO})_2$ с $t_{\text{пл}}=181^\circ\text{C}$. Выход реакции составил 92%;
- 4) диацетилсалицилат трифенилвисмута $\text{Ph}_3\text{Bi}(2\text{-H}_3\text{CC(O)O-C}_6\text{H}_4\text{-COO})_2$ с $t_{\text{пл}}=161^\circ\text{C}$. Выход реакции составил 79%.

Строение продуктов было подтверждено методами тонкослойной хроматографии, ПМР-спектроскопии и ИК-спектроскопии.

Литература

1. Islam A., Gomes Da Silva J., Moan Berbet F., da Silva S.M., Lages Rodrigues B., Beraldo H., Norma Melo M., Frézard F. and C. Demicheli F. Novel Triphenylantimony(V) and Triphenylbismuth(V) Complexes with Benzoic Acid Derivatives: Structural Characterization, in Vitro Antileishmanial and Antibacterial Activities and Cytotoxicity against Macrophages // Molecules. 2014. Vol.19. P. 6009 – 6030.
2. Baruki H., Coles S.J., Costello J.F., Gelbrich T., Hursthouse M.B. Characterising secondary bonding interactions within triaryl organoantimony(v) and organobismuth(v) complexes // J. Chem. Soc. Dalton Trans. 2000. P. 2319 – 1325.
3. Feham K., Benkadari A., Chouaih A., Miloudi A., Boyer G., Abed D.E. Synthesis and Structural Study of Triphenylbismuth Bis(Salicylate). Crystal Structure Theory and Applications // Crystal Structure Theory and Applications 2013. Vol. 2. P. 28 –33.

Сравнительная характеристика кремния и германия

Глявина Анна Михайловна

9 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель О.Ю. Трошин,
старший преподаватель ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
кандидат химических наук



Получены и изучены химические свойства простых веществ – кремния и германия и ряда их соединений (гидриды, хлориды, кремниевая и германиевая кислоты, фторсиликаты и фторгерманаты водорода и бария). Изучен способ конверсии тетрахлоридов кремния и германия в гексафторсиликат и гексафторгерманат бария соответственно; состав полученных солей ($BaSiF_6$, $BaGeF_6$) подтвержден методом рентгенофазового анализа. На основании экспериментальных данных проведено сравнение простых веществ и соединений кремния и германия.

Соединения кремния – кварц и силикаты, являются самыми распространенными веществами в природе и, наряду с такими минералами кремния как глины, полевые шпаты, слюда, тальк и др., являются незаменимыми в стекольной, цементной, керамической, электротехнической и многих других отраслях промышленности. Наличие у кремния особенных свойств обуславливает широкое применение его в различных областях: металлургии (сплавы с металлами), фотонике (солнечные батареи) и полупроводниковой технике (транзисторы, теристоры, тиристоры и т.д.). В отличие от кремния, германий является очень редким и рассеянным (очень мало минералов, где он «сконцентрирован» природой), что ограничивает его широкое применение. Общим является отсутствие самородных простых веществ, что объясняется высоким сродством кремния и германия к кислороду.

Кремний и германий с низким содержанием примесей являются основными материалами для изготовления полупроводниковых устройств: из них около 90 % – кремниевые. Также кремний и германий прозрачны для ИК-излучения, поэтому применяются в тепловизионной технике. Перспективными являются комбинированные полупроводники из кремния и германия – гетероструктуры. Особый интерес для фундаментальной и прикладной науки представляют индивидуальные изотопы кремния и германия как новые материалы

для создания квантового компьютера и физически обоснованного эталона килограмма, детекторов излучения и нейтрино, уточнения числа Авогадро и других областей.

К сожалению, в школьном курсе химии содержится небольшой объем информации о свойствах простых веществ – кремния и германия и их соединений. Нами была выдвинута гипотеза о том, что кремний и германий обладают похожими химическими свойствами.

Цель работы – получить и изучить химические свойства простых веществ – кремния и германия и ряда их соединений, провести их сравнение. *Задачи:* получение простых веществ – кремния и германия и изучение их химических свойств; получение некоторых соединений кремния и германия и изучение их химических свойств; проведение сравнения свойств кремния и германия и их соединений.

На основании литературных данных выбран способ получения указанных простых веществ: разложение гидридов кремния и германия (SiH_4 , GeH_4) при нагревании; в результате установлено различие в механизме разложения гидридов – SiH_4 образует пленку, GeH_4 разлагается в объеме очень быстро (цепной процесс) и образует аморфный порошок. Однако при медленном нагревании моногермана образуется пленка германия (изменяется механизм), что может быть использовано при получении тонких пленок и изучении свойств редких изотопов германия путем разложения изотопно-обогащенного GeH_4 . Получение кремния также проводили по реакции восстановления диоксида кремния магнием при повышенной температуре (самораспространяющийся высокотемпературный синтез – СВС-процесс), в качестве побочного продукта получен силицид магния. При изучении свойств гидридов (SiH_4 , GeH_4) наблюдали самовоспламенение моносилана при контакте с воздухом и горение с образованием нитей и трубок из диоксида кремния; моногерман горит лишь после поджигания.

Изучено взаимодействие простых веществ – кремния и германия с концентрированными растворами азотной, серной, смесью азотной и плавиковой кислот, щелочами. Установлено, что кремний и германий практически не реагируют с серной кислотой различной концентрации, энергично реагируют со смесью концентрированной HNO_3 и HF с образованием растворимых в воде соединений $\text{H}_2\text{ЭF}_6$, где Э – Si или Ge. Различным является отношение кремния и германия к растворам щелочей: кремний, особенно в виде порошка, энергично реагирует, а германий инертен; эти свойства возможно применять для разделения указанных простых веществ.

Проведены опыты по конверсии тетрахлоридов кремния и германия во фторсиликат и фторгерманат бария. Из указанных тетрахлоридов путем гидролиза получали гидратированные оксиды кремния и германия (кремниевая и германиевая кислоты), затем растворяли их в избытке плавиковой кислоты с образованием H_2SiF_6 и H_2GeF_6 и осаждали $BaSiF_6$ и $BaGeF_6$ путем добавления хлорида бария. Данная схема может применяться для утилизации и переработки потенциально опасных и гидролизующихся хлоридов кремния и германия в относительно безопасные вещества ($BaSiF_6$ и $BaGeF_6$), которые можно применять для получения летучих фторидов кремния и германия *in situ*. Состав полученных $BaSiF_6$ и $BaGeF_6$ изучен методом рентгенофазового анализа; рентгенограммы указанных соединений приведены на рисунках 1 и 2.

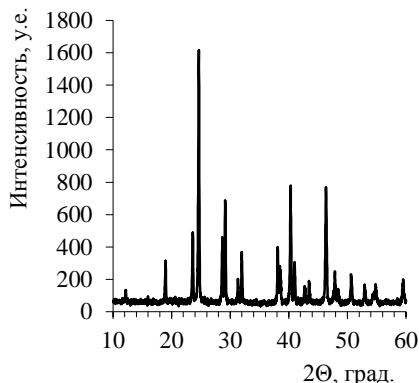


Рис. 1. Рентгенограмма полученного гексафторсиликата бария $BaSiF_6$

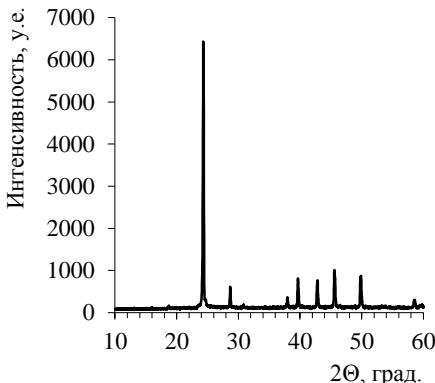


Рис. 2. Рентгенограмма полученного гексафторгерманата бария $BaGeF_6$

В результате выполненной работы установлено сходство ряда химических свойств кремния, германия и их соединений, а также некоторые различия в реакциях со щелочами и термическом разложении гидридов (моносилана и моногермана).

Литература

- Изотопы. Свойства, получение, применение / Под ред. В.Ю. Баранова. – М.: ИздАт, 2000. – 703 с.
- Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н. и др. Неорганическая химия. Химия элементов. – М.: Химия, 2001. Кн. 2. – 583с.
- Трошин О.Ю., Сибиркин А.А. Углерод. Кремний. Учебно-методическое пособие. – Н.Новгород: ННГУ, 2013. – 19 с.

Определение количественного содержания нитрат-ионов в сокосодержащих напитках

Иванова Дарья Вадимовна

8 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Терехина,
студентка химического факультета ННГУ
им. Н.И. Лобачевского



Определено количественное содержание нитратов во фруктовых и овощных сокосодержащих напитках. Проведено сравнение с нормами СанПина, которое показало, что содержание нитрат-ионов в исследованных образцах не превышает предельно допустимую концентрацию. Использован современный метод аналитического контроля, позволивший определить следовые количества нитрат-ионов в образцах фруктовых и овощных сокосодержащих напитков.

В настоящее время при выращивании овощных и плодовых культур применяют удобрения, содержащие нитрат-ионы, с целью увеличения скорости роста и улучшения товарного вида плодов. Такие проблемы, как несвоевременное внесение удобрений, невнимание к свойствам почвы для выращивания овощных и плодовых культур приводят к повышенному содержанию нитрат-ионов в плодах, делая их непригодными для употребления в пищу и представляющими опасность для здоровья вследствие их дальнейших химических превращений.

Избыток нитрат-ионов опасен возможностью восстановления нитратов до более токсичных нитритов и нитрозаминов, которое происходит как в самих продуктах, так и в организме человека. Нитрозамины являются высокотоксичными соединениями, обладают канцерогенной и мутагенной активностью. Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции лимитируется соответствующими нормативными документами. Установлено, что нитраты, попадающие в организм человека с продуктами питания, менее токсичны, чем нитраты, поступающие с водой и соками [1].

Цель – определить количественное содержание нитрат-ионов в образцах фруктовых и овощных сокосодержащих напитков.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие задачи: выбрать образцы для проведения исследования;

подготовить серию стандартных растворов и построить градуировочный график; определить содержание нитрат-ионов в данных образцах методом градуировочного графика; рассчитать погрешности.

В работе применялся метод ионометрии, который является одним из методов потенциометрического анализа (электрохимический метод анализа, основанный на измерении разности потенциалов, возникающей между двумя электродами – индикаторным и электродом сравнения, погруженными в анализируемый раствор). Использовался метод градуировочного графика. Его выбор был обусловлен простотой исполнения и высокой точностью измерений.

Уравнение Нернста – основное уравнение, применяемое в ионометрии:

$$E = E^0 \pm \frac{RT}{nF} \ln a = E^0 \pm \frac{0.059}{n} \lg C = E^0 \pm S \lg C$$

где E – измеряемый потенциал, E^0 – стандартный окислительно-восстановительный потенциал, R – универсальная газовая постоянная, T – температура по абсолютной шкале Кельвина, n – заряд определяемого иона, F – постоянная Фарадея, a и C – активность и молярная концентрация определяемого иона, S – « крутизна» электродной функции, знаки ($\leftarrow +\right)$ или ($\leftarrow -\right)$) зависят от заряда определяемого иона ($\leftarrow +\right)$ – для катиона, $\leftarrow -\right)$ – для аниона).

Для проведения эксперимента сначала было приготовлено пять стандартных растворов KNO_3 с концентрацией от 10^{-1} до 10^{-5} моль/л последовательными десятикратными разбавлениями исходного одномолярного раствора нитрата калия. Разбавление выполнялось с помощью мерной колбы на 50 мл. Результаты занесли в таблицу 1.

Таблица 1. Результаты измерений стандартных растворов

№	$C(NO_3^-)$, моль/л	pC	E_1 , мВ	E_2 , мВ	E_3 , мВ	$E_{cp.}$, мВ
1	10^{-1}	1	95	95	90	93
2	10^{-2}	2	145	145	140	143
3	10^{-3}	3	200	200	195	198
4	10^{-4}	4	255	250	250	252
5	10^{-5}	5	290	280	285	285

По данным измерений построили градуировочный график в координатах $pC(NO_3^-)$ - E , мВ и по нему рассчитывали экспериментальное значение крутизны электродной функции S (рис. 1), где p –

логарифм концентрации нитрат-ионов, взятый с обратным знаком. Нахождение уравнения полученной прямой было осуществлено при помощи метода наименьших квадратов в программе MS Excel.

Далее приступили к исследованию пяти образцов соков, изготовленных из различных фруктов и овощей. Для удобства исследуемые образцы соков были пронумерованы. Обозначения занесли в таблицу 2.

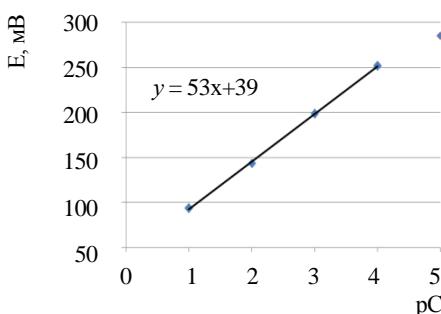


Рис 1. Градуировочный график

Таблица 2.
Исследуемые образцы

№ образца	Название сока
1	«Добрый», яблоко
2	«J7» яблоко
3	«4U» гранат
4	«J7» апельсин
5	«Добрый» томатный

По измеренному значению E и градуировочной зависимости определяли $pC(NO_3^-)$ и рассчитывали концентрацию ионов NO_3^- , моль/л в исследуемом соке. Расчет концентраций производился по уравнению прямой $f(x)=53x+39$. Было произведено сравнение полученных данных с данными о ПДК нитратов в овощных и фруктовых соках. Результаты расчетов приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты определения нитрат-ионов в исследуемых образцах

№ образца	E ср., мВ	$C \cdot 10^4$, моль/л	C^* , мг/кг
1	243±5	1,4±0,2	8,7±1,2
2	238±5	1,7±0,2	10,5±1,2
3	223±5	3,4±0,4	21±2
4	228±5	2,7±0,3	17±2
5	218±5	4,2±0,5	26±3

* - ПДК (NO_3^-) составляет 60 мг/кг

Расчет погрешности проводился при доверительной вероятности $P=0,95[3]$.

Таким образом, в работе был использован современный метод

аналитического контроля, который позволил определить следовые количества нитрат-ионов в образцах фруктовых и овощных соков, включающий в себя выбор образцов для проведения исследования; подготовку серии стандартных растворов; построение градуировочного графика ионоселективного электрода по серии стандартных растворов; определение количественного содержания нитрат-ионов в исследуемых образцах; расчет погрешностей измерений. Установлено, что исследованные образцы содержат нитрат-ионы в концентрации, не превышающей ПДК.

Литература

1. Безопасность продовольственного сырья и пищевых продуктов. Учеб. пособие / И.А. Рогов, Н.И. Дунченко, В.М. Поздняковский и др. – Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2007. – 227 с.
2. Григорьева Р.З. Безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: Учебное пособие. – Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2004. – 86 с.
3. Дерффель К. Статистика в аналитической химии. – М.: Мир, 1994. – 268 с.
4. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2. Методы химического анализа: Учеб. для вузов / Под общ. ред. Ю.А. Золотова. – М.: Высш. шк., 2002. – 494 с.
5. СанПин.2.3.2.1078-01.Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. 1.6. Плодовоовощная продукция.
6. Хомченко Г.П. Химия для поступающих в вузы: Учеб. пособие. – М.: Высш. шк., 1985. – 367 с.

Исследование термодинамических характеристик и физико-химических свойств ПАМА-С₆₀ с различным содержанием фуллерена

Ильичев Андрей Сергеевич

11 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Маркин,
доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
доктор химических наук



В работе исследованы термодинамические характеристики и физико-химические свойства фуллеренсодержащих полиаллилметакрилата и поли(метилметакрилата-ко-аллилметакрилата) с 4.5 мол.% и 0.31 мол.% содержания фуллерена соответственно. Исследования проведены на современном оборудовании на базе кафедры физической химии химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, в частности, на адиабатическом вакуумном калориметре и дифференциальном сканирующем калориметре Netzsch DSC 204 F1 Phoenix.

Фуллерены занимают устойчивую позицию в современной науке. Неослабевающий рост исследований фуллеренов, а также их разнообразных функциональных производных отражается в многочисленных публикациях, обусловлен уникальной структурой фуллеренов и широкими потенциальными областями их практического использования.

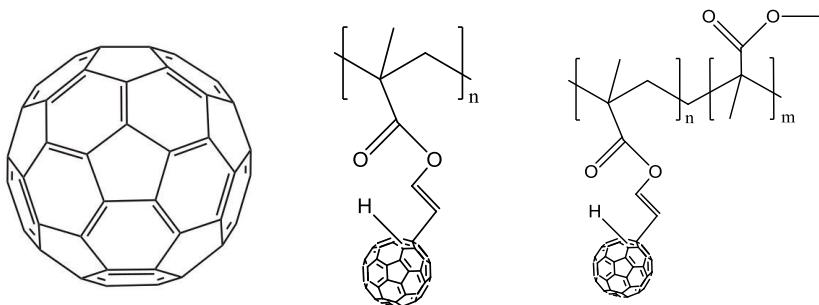
Одним из наиболее новых и многообещающих классов функциональных производных фуллеренов являются фуллеренсодержащие полимеры (далее – ФП). Они интересны тем, что способны сочетать свойства как исходного полимера, так и самого фуллерена. Особенно перспективны они для применения в медицине и биологии.

Установлено, что образующиеся ФП способны не только сохранять многие полезные свойства полимера, но и заметно их усиливать, что позволяет увеличить области их практического применения.

Настоящая работа посвящена калориметрическому изучению теплоемкости и термодинамических характеристик возможных физических превращений ФП. Для исследования использовались фуллеренсодержащие полиаллилметакрилат (ПАМА) и сополимер поли(метилметакрилат-ко-аллилметакрилат) (П(ММА-ко-АМА)) с 4.5 мол.% и 0.31 мол.% содержания фуллерена соответственно.

Целью работы являлось установление зависимости влияния фуллерена C_{60} в исследованных ФП метакрилового ряда на термодинамические свойства исходных полимеров. Задачи работы следующие: изучение изобарной теплоемкости двух полимеров ПАМА- C_{60} и П(ММА-ко-АМА)- C_{60} в области от 6 до (350 – 425) К, выявление возможных физических превращений в указанной области температур, определение их термодинамических характеристик, расчет термодинамических функций в области от 0 до (350 – 425) К, установление влияния фуллерена C_{60} на свойства полимеров.

Исходные полимер аллилметакрилат и сополимер метилметакрилат-ко-аллилметакрилат получали в Уфимском государственном институте органической химии методом радикальной (ко)полимеризации. Исследованные образцы ФП (ПАМА- C_{60} и П(ММА-ко-АМА)- C_{60}) синтезировали взаимодействием полимера и сополимера соответственно с фуллеритом C_{60} , растворенным в о-дихлорбензоле. С помощью ЯМР-спектроскопии было установлено, что присоединение фуллерена проходит по аллильной группе мономера АМА (рис. 1).



а – Бакминстерфуллерен б – ПАМА- C_{60} в – П(ММА-ко-АМА)- C_{60}

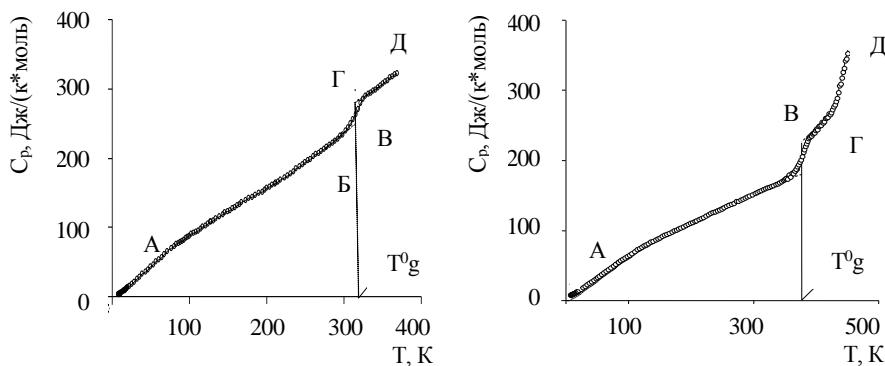
Рис. 1. Структурные формулы

Макромолекулы фуллеренсодержащих образцов представляли собой ковалентно связанные с боковыми группами АМА, входящего в состав полимеров, молекулы C_{60} . Отсутствие свободного фуллерена в соединениях подтверждено методом УФ-спектроскопии и калориметрическими исследованиями.

Молекулярно-массовые характеристики полимеров приведены в таблице 1. По полученным калориметрическим данным также было определено, что взятые образцы являются аморфными во всей изученной области температур.

Таблица 1. Молекулярно-массовые характеристики ФП

Показатель	Соединение	
	ПАМА-C ₆₀	П(ММА-ко-АМА)-C ₆₀
M_w , г/моль		35×10^3
M_n , г/моль		16×10^3
Брутто-формула звена	C _{9.385} H _{9.55} O _{1.91}	C _{5.65} H _{8.22} O ₂
Молекулярная масса звена, г/моль	152.9	108.26
Содержание C ₆₀ , мол. %	4.5	0.31



а – теплоемкость ПАМА-C₆₀ б – П(ММА-ко-АМА)-C₆₀
АБ – стеклообразное состояние, ГД – высокоэластическое состояние,
ВГ – увеличение теплоемкости при расстекловании

Рис. 2. Теплоемкость ПАМА ПАМА-C₆₀ и П(ММА-ко-АМА)-C₆₀

На приведенных графиках (рис. 2) представлены экспериментальные точки теплоемкости и сглаженные кривые для полимера и сополимера во всей изученной области температур. По графикам было определено, что в температурном интервале 297 – 332 К для полимера проявляется расстеклование, а для сополимера этот интервал составлял 360 – 400 К. Из графиков видно, что в изученных образцах не проявляются физические превращения, характерные для исходного кристаллического фуллерита C₆₀. Учитывая значение термодинамических характеристик физических превращений и погрешность определения C_p , следует заключить, что C₆₀ в свободном виде в образцах отсутствует.

Теплоемкость изученных образцов в стеклообразном состоянии плавно увеличивается с ростом температуры. Причем, в области 80 –

300 К зависимость C_p^o от T для сравниваемых объектов носит линейный характер, что характерно для полимеров цепочечного строения.

В таблице 2 приведены термодинамические характеристики расстеклования и стеклообразного состояния для изученных образцов. T_g^o определяли по излому кривой методом Альфорда и Дола. Отметим, что при расчетах мы принимали найденное значение конфигурационной энтропии, находимое по уравнению (1), равным нулевой энтропии.

Таблица 2. Стандартные термодинамические характеристики расстеклования и стеклообразного состояния для изученных образцов

Соединение	Температурный интервал, К	$T_g^o \pm 1$, К	$\Delta C_p^o(T_g^o)$	S_{conf}^o	$S^o(0)$
			Дж/(К·моль)		
ПАМА-С ₆₀	297–332	316	31.5	8.02	8.02
Π(ММА-ко-АМА)-С ₆₀	360–400	379	33.5	8.5	8.5

$$S_{conf}^o = \Delta C_p^o(T_g^o) * \ln 1.29 \quad (1)$$

По полученным экспериментальным данным нами были рассчитаны стандартные термодинамические функции изученных ФП: энталпия нагревания, энтропия и функция Гиббса нагревания. Низкотемпературная ($T < 50$ К) теплоемкость полимеров была рассчитана и проанализирована на основе теории теплоемкости твердых тел Дебая (уравнение 2).

$$C_p^o = nD(\theta_D/T), \quad (2)$$

где D – функция теплоемкости Дебая, $n = 2$, $n = 1$ и $\theta_D = 83.16$ К, $\theta_D = 56.9$ К соответственно для образцов ПАМА-С₆₀ и Π(ММА-ко-АМА)-С₆₀ – специально подобранные параметры. С указанными параметрами уравнение 2 описывает экспериментальные значения C_p^o в области 7 – 14 К с погрешностью 1%. Полагали, что при расчете значений C_p^o при $T < 8$ К погрешность также составила 1%.

По результатам работы были сделаны следующие выводы:

- 1) изучены температурные зависимости изобарной теплоемкости образцов фуллеренсодержащих полиаллилметакрилата и поли(метилметакрилата-ко-аллилметакрилата) в области 6–(350 – 425) К;
- 2) выявлено расстеклование для изученных образцов и определены термодинамические характеристики расстеклования и стеклообразного состояния;

3) по полученным экспериментальным данным рассчитаны стандартные термодинамические функции полимеров в стеклообразном и высокоэластическом состояниях в области от $T \rightarrow 0$ до (350 – 425) К;

4) сопоставлены термодинамические свойства фуллеренсодержащих полимеров;

5) введение фуллера C_{60} в состав полимеров метакрилового ряда приводит к сужению температурного интервала их существования в стеклообразном состоянии, вследствие чего расстеклование ФП наблюдается в более низких температурных диапазонах.

Литература

1. *Бовина М.А., Беспалова Н.Б., Ходжаева В.Л., Ребров А.И., Семенов О.Б., Теплицкая Г.Л.* Новые кремнийорганические фуллеренсодержащие полимеры на основе производных 1-силациклогетана // Высокомолек. соед. 1999. № 6. С. 917 – 922.
2. *Елецкий А.В., Смирнов Б.М.* Фуллерены и структуры углерода // Усп. физ. наук. 1995. Т. 165. № 9. С. 977 – 1009.
3. *Ильичев А.* Исследование термодинамических характеристик и физико-химических свойств ПАМА- C_{60} // XV Конференция «Школьные Харитоновские чтения». – Саров, 2015. С. 83.
4. *Лебедев Б.В., Маркин А.В.* Термодинамические свойства полифуллеритов C_{60} // Физика твердого тела. 2002. Т. 44. С. 419 – 421.
5. *Малышев В.М., Мильнер Г.А., Соркин Е.Л., Шибакин В.Ф.* Автоматический низкотемпературный калориметр // Приборы и техника эксперимента. 1985. Т. 6. С. 195 – 197.
6. *Маркин А.В., Смирнова Н.Н., Боронина И.Е., Назарова О.В.* Термодинамические свойства звездообразного фуллеренсодержащего поли-N-винилпирролидона//Журн. физической химии. 2006. Т. 80. № 6. С. 861-868.
7. *Сидоров Л.Н., Юрковская М.А., Борицевский А.Я., Трушков И.В., Иоффе И.Н.* Фуллерены. – М.: Изд-во «Экзамен», 2004. – 688 с.

Исследовательский способ изучения свойств катализатора. Влияние массы катализатора на скорость реакции

Козлова Анна Максимовна

8 класс, МБОУ школа № 78, Нижний Новгород

Научный руководитель Г.В. Наумова,
учитель химии МБОУ школа № 78



Работа посвящена характеристике трех основных признаков катализаторов на примере оксида марганца (IV). Рассмотрена зависимость скорости разложения перекиси водорода от массы катализатора, а также избирательность действия катализаторов на данный процесс. Подтверждены все признаки катализатора: участие в реакции, ускорение реакции, с помощью измерения доказана неизменяемость массы катализатора. Обнаружена избирательность катализаторов на примере разложения перекиси водорода. Подтверждено предположение, что чем больше масса катализатора, тем большая скорость реакции.

Катализ (процесс, в котором используется катализатор) широко используется в природе и технике. В зависимости от фаз реагирующих веществ и катализаторов, он может быть гомогенным и гетерогенным. Катализатор – активный участник реакции, восстанавливающий после каждого цикла взаимодействия свой химический состав. Участвуя в реакции, катализатор образует неустойчивые промежуточные продукты, благодаря которым снижается энергия активации.

Значение катализитической реакции в химической технологии и промышленности быстро возрастает. За последние годы обширные технические и экспериментальные исследования в области катализа позволили решить важные задачи, относящиеся к механизму катализических процессов, и рационализировать подбор катализаторов.

Цель исследования – наглядно показать три основных признака катализатора и избирательность их действия, изучить влияние массы катализатора на скорость реакции, так как на уроках традиционная постановка опыта позволяет наблюдать лишь один признак катализатора – ускорение скорости реакции. Для этого нами была изучена литература, связанная с процессом катализа, и проделаны опыты.

Изучение свойств катализатора

Опыт разложения пероксида водорода под действием катализатора – оксида марганца (IV) позволяет наблюдать все три признака катализатора.

Ход работы: заранее обмазываем конец стеклянной палочки kleem «Момент», наносим катализатор. Чтобы палочка обсохла, кладем ее на чашку Петри (рис.1). На следующий день промываем палочку в воде от плохо приклеенных кусочков катализатора. В штативе находятся четыре пробирки: в 1-ой и 2-ой находится раствор пероксида водорода, в 3-ей – оксид марганца (IV), в 4-ой – вода (рис. 2).

Нагреваем содержимое 2-ой, 3-ей и 4-ой пробирок. Вновь проверяем, выделяются ли пузырьки кислорода из этих веществ при нагревании. Наблюдали: лучинка нигде не вспыхивает, следовательно, кислород не выделяется либо выделяется с такой малой скоростью и в таких малых количествах, что его недостаточно для того чтобы загоралась лучинка. После нагревания пробирки № 2 кислород стал выделяться более активно.

Берем палочку с катализатором, помещаем ее на весы. Масса палочки составляет 10,850 мг.

Вносим палочку с оксидом марганца (IV) в первую пробирку с холодным раствором пероксида водорода (рис. 3). На черной поверхности диоксида марганца моментально появлялись пузырьки газа, удаление палочки из раствора приводило к прекращению выделения пузырьков.

Вновь погружаем палочку с диоксидом марганца в холодный раствор пероксида водорода. Наблюдали: вновь появляются пузырьки газа, и количество их растет в зависимости от длительности контакта оксида марганца (IV) с пероксидом водорода.

Опускаем палочку с оксидом марганца (IV) в нагретый раствор пероксида водорода. Наблюдали: редкие струйки газа становятся мощными, а исходят они от поверхности диоксида марганца.

Промываем в воде палочку с диоксидом марганца от остатков раствора пероксида водорода. Опускаем ее в четвертую пробирку. Оксид марганца (IV) в реакцию



Рис. 1. Приготовление палочки для опытов

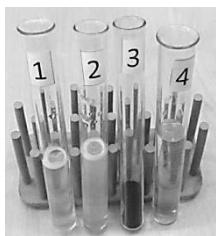


Рис. 2. Пробирки с исследуемыми реагентами



Рис. 3. Выделение кислорода в пробирке № 1

с водой не вступает. Даже при длительном контакте с водой пузырьки кислорода не образуются.

Вынимаем палочку с диоксидом марганца (IV) из воды, промокаем ее фильтровальной бумагой, обдуваем воздухом из груши, кладем на весы. Наблюдали: весы сначала могут выйти из положения равновесия, стрелка отклонится в сторону палочки. Но с течением времени, по мере полного высыхания палочки, весы возвращаются в состояние равновесия. Масса палочки 10,850 мг сохранилась неизменной.

Вывод: диоксид марганца участвует в реакции и увеличивает ее скорость. Принимая участие в реакции, оксид марганца (IV) не изменяет своей массы, то есть не расходуется и сохраняет свои свойства.

Только ли оксид марганца (IV) действует на перекись водорода и ускоряет реакцию?

В пробирку № 1 сначала наливаем пероксид водорода, затем добавляем оксид железа (III). В пробирку № 2 наливаем пероксид водорода, далее добавляем оксид меди (II). Наблюдали: в присутствии оксида железа (III) реакция разложения пероксида водорода с выделением кислорода отсутствует. В присутствии оксида меди (II) реакция идет медленно (рис. 4).

Вывод: катализатор действует избирательно.

Влияние массы катализатора на скорость реакции

Возьмем прибор, состоящий из колбы Вюрца, закрытой резиновой пробкой с короткой большого диаметра стеклянной трубкой, и колбы, которая соединена с колбой Вюрца с помощью резиновой трубки. На боковом отводе колбы Вюрца надета газоотводная резиновая трубка, конец которой подведен под заполненный водой и расположенный вверх дном мерный цилиндр (рис. 5).



Рис. 5. Прибор для опыта № 3

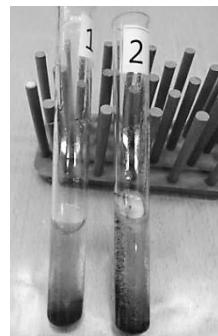


Рис. 4. Реакция H_2O_2 с катализаторами

В колбу Вюрца помещаем 0,01 г. оксида марганца (IV), а в другую колбу наливаем 30 мл 5%-го раствора пероксида водорода. В колбу Вюрца из колбы через трубку быстро вливаем раствор пероксида водорода. Определяем по секундомеру время собирания над водой в цилиндре 100 мл кислорода.

Затем опыт выполняем несколько раз, увеличивая навеску оксида марганца (IV) на одинаковую небольшую величину. Полученные данные оформляем графически: на оси абсцисс указываем массу катализатора, а на оси ординат величину, равную времени выделения 100 мл кислорода (рис. 6).

Вывод: масса катализатора влияет на скорость реакции: чем больше количество катализатора, тем выше ее скорость.

Заключение

На основе полученных данных сделаны следующие выводы:

1) с помощью вышеизложенных опытов можно наглядно показать все три признака катализатора: участие в реакции, ускорение скорости реакции, сохранение массы катализатора, избирательность катализаторов;

2) масса катализатора влияет на скорость реакции (чем больше количество катализатора, тем выше ее скорость).

В дальнейшем работу можно продолжить, изучив более подробно гетерогенный и гомогенный катализ, а также действие других катализаторов на H_2O_2 , сопоставляя эффективность действия предлагаемых катализаторов и устанавливая оптимальное количество каждого из них.

Литература

1. Булавин Ю.И. Влияние массы катализатора на скорость реакции // Химия в школе, 2001, № 9. С. 67.
2. Грученко Г.И., Овчинников О.Ю., Устинова Т.В. Исследовательский способ изучения свойств катализатора // Химия в школе, 2001, № 9. С. 66.
3. Крицман В.А. Книга для чтения по неорганической химии. Ч. I. Пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1983. – 320 с.
4. Кузнецова Л.М., Дронова Н.Ю., Евстигнеева Т.А. К методике изучения химической кинетики и химического равновесия // Химия в школе, 2001, № 9. С.7.
5. Николаев Л.А. Катализ в природе и промышленности. – М.: Высшая школа, 1976. – 260 с.
6. Подкопаева И.Н. Проводим эксперименты по теме «Катализаторы» // Химия для школьников, 2010, № 1. С.59.

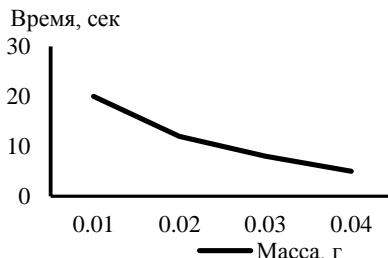
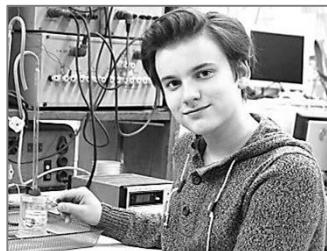


Рис. 6. График зависимости скорости реакции от массы катализатора

Исследование кислотно-основного взаимодействия в растворах электролитов методом кондуктометрии

Княжицкий Даниил Александрович
8 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель В.В. Исаев,
доцент НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
кандидат технических наук



В работе исследовано кислотно-основное взаимодействие электролитов на примере водных растворов серной кислоты и гидроксида калия методом кондуктометрии. Для этого произведены измерения сопротивления при помощи электронного кондуктометра «Impedancemeter Z-500». Обнаружена зависимость электропроводности раствора щелочи от объема добавленной в него кислоты и найдена точка эквивалентности раствора.

В современном школьном курсе химии отсутствуют или недостаточно освещены многие важные темы. В их числе электропроводность и тесно связанный с ней метод исследования – кондуктометрия.

В настоящее время в электрохимии прямая кондуктометрия имеет широкое распространение. Метод активно применяется в контроле различных химико-технологических процессов. Прямая кондуктометрия применяется для контроля процессов очистки воды. На непосредственном измерении электропроводности электролита основан метод прямой кондуктометрии.

Кондуктометрический метод применяют при контроле состава сточных вод, а также для определения общего содержания солей в минеральной, речной и морской воде. Автоматическое проведение измерений электропроводности растворов позволяет быстро установить отклонения содержания солей, присутствующих в различных растворах, от нормы. С этой же целью метод кондуктометрии используется в медицине для контроля состава физиологических жидкостей, а также в пищевой промышленности. В химической промышленности метод применяется для определения характеристики чистоты органических растворителей

Измерение удельной электропроводности, зависящей от содержания примесей, воды, длительности хранения, позволяет оценить качество растворителей, влажность газов, текстильных материалов, бумаги, зерна.

Электропроводность электролитов

Сопротивление любого проводника, в том числе и электролита, зависит от его природы, поперечного сечения и длины.

Электрический ток в растворе переносится ионами. Следовательно, чем больше концентрация ионов в растворе, чем больше их содержится в 1 см³ электролита, тем больше должна быть удельная электропроводность раствора.

Для определения удельной электропроводности необходимо найти сопротивление раствора – R и, зная длину проводника – l и сечение его – S , вычислить $X = \frac{l}{\rho}$. Но изготовление такого сосуда для раствора и размещение электродов в нем так, чтобы l и S были точно известны, представляет значительные технические трудности. Поэтому обычно применяют сосуд удобной конструкции, при этом l и S остаются неизвестными.

Величина k – постоянная сосуда – показывает, во сколько раз сопротивление электролита, измеренное в данном сосуде, превосходит удельное сопротивление вещества.

Для определения опытным путем постоянной сосуда, сначала проводится измерение электролита, удельное сопротивление которого известно. В своем исследовании мы использовали раствор хлорида калия (KCl) концентрации 0,1 моль/л. Измерив сопротивление раствора и взяв из справочника теоретическое значение удельного сопротивления, мы вычислили постоянную сосуда (k). $k = 0,323$.

Для измерения сопротивления раствора в специальной электрохимической ячейке используются инертные платиновые электроды и специальный электронный прибор Impedancemeter Z-500. При прямом измерении электропроводности раствора были получены данные, на основе которых был построен следующий график зависимости сопротивления от объема добавляемой кислоты.

Из графика видно, что с повышением объема приливаемой кислоты сопротивление повышается, что вызвано протекающей в растворе химической

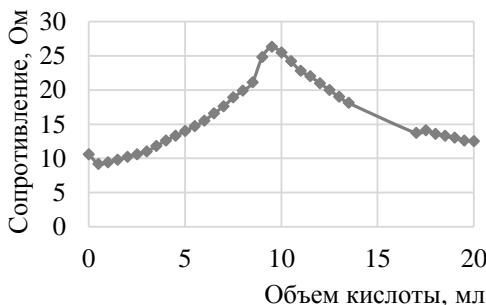
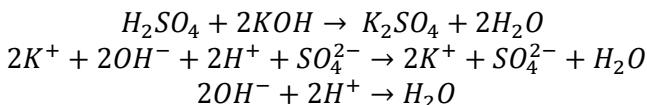


Рис. 1. Изменение сопротивления раствора

реакций:



На кратком ионном уравнении этой реакции видно сокращение количества ионов в растворе, проводящих электрический ток, так как ионы H^+ и OH^- при взаимодействии образуют малодиссоциирующую воду. Подъем графика вверх обусловлен появлением избытка кислоты, потому что щелочь в растворе прореагировала, что показало обесцвечивание добавленного предварительно фенолфталеина.

Исходя из полученных данных прямого измерения сопротивления, нами были рассчитаны значения электропроводности

раствора по формуле $x = \frac{k}{R}$, где x – электропроводность, R – сопротивление, k – постоянная сосуда, определенная опытным путем, и построен график зависимости электропроводности от объема добавленной кислоты.

В результате исследования были получены графики кривых кондуктометрического титрования, показывающие снижение удельной электропроводности при повышении объема добавляемой кислоты в раствор щелочи. Это снижение обусловлено образованием в результате химической реакции малодиссоциирующих молекул воды, вследствие чего концентрация ионов, проводящих электрический ток, в растворе снижается. После достижения определенной нами точки эквивалентности электропроводность раствора начала возрастать, так как с этого момента гидроксид калия израсходовался, поэтому кислота стала находиться в избытке, вследствие чего количество ионов в растворе стало увеличиваться.

Метод прямой кондуктометрии может быть использован при исследовании электропроводности как неорганических, так и органических многокомпонентных растворов, а также

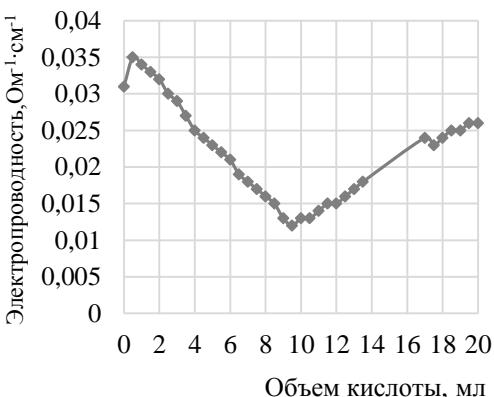


Рис. 2. Изменение электропроводности

лекарственных препаратов с целью разработки экспресс-метода для определения их состава. Вероятно, в ближайшем будущем, основываясь на этом методе, будет возможным создание портативного прибора для оценки чистоты водопроводной и питьевой воды в домашних условиях.

Литература

1. *Корыта И., Дворжак И., Богачкова В.* Электрохимия. – М.: Мир, 1977. – С. 148 – 149.
2. *Кричков А.П.* Основы аналитической химии. – М.: Химия, 1971. – С. 39.
3. *Строчелетти В.В.* Теоретическая электрохимия. – М.: Химия, 1970. – С. 61 – 73.
4. *Флеров В.Н., Миленко М.Г.* Лабораторный практикум по электрохимии. – Н.Новгород, 2011. – С. 5 – 11.

Исследование термодинамических свойств сложного фосфата каркасной структуры $Rb_2FeTi(PO_4)_3$

Лившиц Григорий Дмитриевич

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Маркин,
доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
доктор химических наук



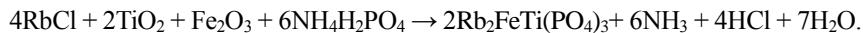
В работе исследованы термодинамические свойства сложного фосфата каркасной структуры $Rb_2FeTi(PO_4)_3$. Проведены исследования на современном оборудовании на базе химического факультета ННГУ им. Лобачевского, в частности, на отечественном адиабатическом вакуумном калориметре и дифференциальном сканирующем калориметре *NetzschDSC 204 F1 Phoenix*.

В последние десятилетия активно проводится поиск новых сегнето- и пьезоэлектриков, лазерных, люминесцентных и других материалов, которые можно использовать в квантовой электронике и волоконной оптике, а также в качестве сорбентов и катализаторов.

В этой связи вызывают большой интерес сложные фосфаты, у которых были обнаружены ионная проводимость, нелинейно-оптические и другие свойства.

Настоящая работа посвящена калориметрическому изучению теплопемкости, стандартных термодинамических свойств $Rb_2FeTi(PO_4)_3$. Цель работы – комплексное исследование термодинамических свойств образца методами высокоточной калориметрии, прогноз областей применения веществ с данными характеристиками. Задачи: экспериментально определить зависимость изобарной теплопемкости $Rb_2FeTi(PO_4)_3$ от температуры; провести математическую обработку и проанализировать полученные экспериментальные результаты; спрогнозировать возможные области применения изученного фосфата.

Образец был синтезирован методом твердофазных реакций на кафедре химии твердого тела НИИ химии ННГУ в соответствии со следующим уравнением:



Однородность образцов была подтверждена с помощью микроскопа camscan-2300 (Vega TC 5130MM). Результаты показали, что изучаемый образец состоит из зерен размером от 1 до 20 мкм. Результаты уточнения структуры методом Ритвельда показывают, что кристал-

лическая структура $\text{Rb}_2\text{FeTi}(\text{PO}_4)_3$ базируется на рамках, образованных разделяющими углами октаэдров $(\text{Fe/Ti})\text{O}_6$ и тетраэдров PO_4 .

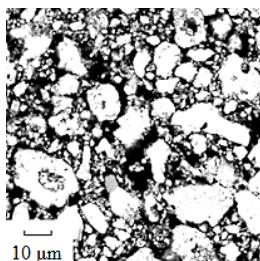


Рис. 1. Электронная микроскопия образца

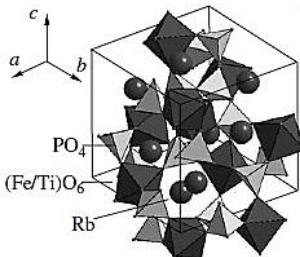


Рис. 2. Фрагмент кристаллической структуры

Теплоемкость образца постепенно повышается с увеличением температуры сверх основного температурного интервала. В то же время было установлено, что теплоемкость исследуемого соединения уменьшается с увеличением температуры в диапазоне от 6,2 до 10,2 К.

Стандартные термодинамические функции были рассчитаны от 6 К. Энталпию $[H_m^o(T) - H_m^o(6)]$ и энтропию

$[S_m^o(T) - S_m^o(6)]$ определили численным интегрированием кривых $C_{p,m}^o = f(T)$ и $C_{p,m}^o = \ln f(T)$. Энергия Гиббса Φ_m^o в исследованном диапазоне температур определялась следующим образом: $\Phi_m^o = [H_m^o(T) - H_m^o(6)] - T[S_m^o(T) - S_m^o(6)]$. Полученные функции кристаллического $\text{Rb}_2\text{FeTi}(\text{PO}_4)_3$ в интервале от 6 до 650 К приведены в таблице. Видно, что значения при высоких температурах становятся близкими к теоретическим, рассчитанным по правилу Дюлонга-Пти: $C_{p,m}^o = 3Rn$, где $R = 8.3144621 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, n – число атомов в формульной единице. Теоретически рассчитанная молярная теплоемкость

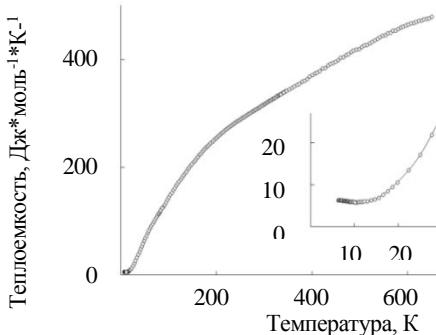


Рис. 3. Кривая теплоемкости образца

$\text{Rb}_2\text{FeTi}(\text{PO}_4)_3$ при высоких температурах равна $\sim 474 \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$, что совпадает с экспериментальными данными в пределах погрешности.

Таблица. Стандартные термодинамические функции

$T, \text{ К}$	$\text{Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$	$H_m^o(T)-H_m^o(6), \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$	$S_m^o(T)-S_m^o(6), \text{ Дж}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$	$-\Phi_m^o, \text{ кДж}\cdot\text{моль}^{-1}$
6	6,45	0	0	0
50	67.33	1.213	38.07	0.6906
100	144.6	6.693	110.0	4.311
150	208.1	15.51	181.2	11,68
200	255.6	27.21	247.9	22.37
250	289.4	40.84	308.9	36.38
300	317.4	56.03	364.1	53.22
400	370	90.4	463	94.6
500	421	130	551	145
600	464	174	632	205
650	478	198	670	237

По результатам работы были сделаны следующие выводы:

- исследована литература, изучены методы работы с высокоточным калориметрическим оборудованием;
- изучена температурная зависимость изобарной теплоемкости образца $\text{Rb}_2\text{FeTi}(\text{PO}_4)_3$ в области 6 – 650 К, проведена математическая обработка данных;
- по полученным экспериментальным данным рассчитаны стандартные термодинамические функции сложного фосфата в области от 6 до 650 К.

Литература

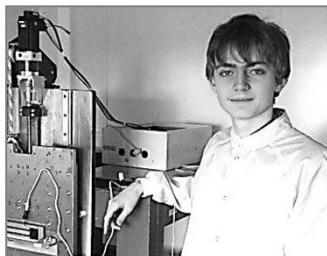
- Asabina E.A., Pet'kov V.I., Gobechiya E.R., Kabalov Yu K., Pokholok K.V., Kurazhkovskaya V.S. Synthesis and crystal structure of Phosphates $\text{A}_2\text{FeTi}(\text{PO}_4)_3$ ($\text{A} = \text{Na}, \text{Rb}$) // Russian Journal of Inorganic Chemistry, изд-во Maik Nauka/Interperiodica Publishing (Russian Federation), 2008, т. 53, № 1. С. 40 – 47.
- Orlova A.I., Trubach I.G., Kurazhkovskaya V.S., Perttierra P., Salvado M.A., Garcia-Granda S., Khainakov S.A., Garcia J.R. Synthesis, characterization, and structural study of $\text{K}_2\text{FeZrP}_3\text{O}_{12}$ with the langbeinite structure // Journal of Solid State Chemistry, изд-во Academic Press (United States), 2003, т. 173, № 2. С. 314 – 318.
- Zemann A., Zemann J. Die Kristallstruktur von Langbeinit $\text{K}_2\text{Mg}_2(\text{SO}_4)_3$ // Acta Cryst. 1957, № 10. P. 409 – 413.

Исследование деградации тонкой пленки SiO₂, нанесенной на кристаллы KDP

Полонецкий Даниил Андреевич

9 класс, гимназия № 2, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель С.Н. Беляев, младший научный сотрудник ИПФ РАН



Работа посвящена изучению деградации тонкой пленки диоксида кремния, нанесенной на кристаллы дигидрофосфата калия. Был изготовлен раствор золя, который нанесли методом погружения в него заранее подготовленных кристаллов. Далее были произведены измерения показателей преломления и остаточного отражения на базе отдела нелинейной оптики Института прикладной физики РАН. Выявлено, что динамичный рост данных показателей свидетельствует о быстрой деградации тонкой пленки. Обнаружено, что пленки, заранее прошедшие закалку, деградируют быстрее, чем незакаленные пленки.

Тонкие пленки золь-геля активно применяются в лазерной физике в качестве матриц для твердотельных лазеров на основе органических красителей. Золь представляет собой коллоидный раствор, в котором частицы растворенного вещества достигают размеров от 1 до 1000 нм. Пленки золь-геля представляют собой тонкослойные покрытия, нанесенные на ровную гладкую поверхность стекла, кристалла, металла и т.д. Они существенным образом улучшают оптические свойства кристаллов за счет того, что конечное просветление элемента увеличивается на 6 – 8 %. В будущем тонкие пленки золь-геля будут применяться в таких перспективных отраслях науки, как наноэлектроника и солнечная электроэнергетика.

Однако механизм и скорость деградации пленки золь-геля недостаточно изучены. Пленка золь-геля с пористой структурой на основе диоксида кремния дает минимальный показатель преломления, минимальное остаточное отражение и наибольшее светопропускание. Но именно такая пленка в большей степени подвержена деградации. Это связано с быстрым испарением органических растворителей, входящих в состав пленок, а также с быстрым оптическим уплотнением пористой структуры. Как следствие, меняются такие оптические характеристики пленки, как остаточное отражение, показатель преломления пленки и ее толщина.

Цель работы: определение изменения оптических параметров пленки золь-геля со временем.

В начале был приготовлен раствор золя. Для получения 1,5 г аммиака смешали 28 г CaO и 53,5 г NH₄Cl в плоскодонной колбе. Массу реагентов рассчитали по уравнению (1), учитывая 10%-й выход продукта:



Выделенный в процессе реакции аммиак мы смешали с изопропанолом (100 г), а затем с тетраэтоксисиланом (9 г). Полученный раствор созревал в течение нескольких суток. Перед погружением в раствор золя кристаллы были очищены в ультразвуковой ванне смесью изопропанола и гептана. 10 кристаллов 40x40x10 мм были погружены в раствор золя. Половина из них подверглась температурной закалке. Через неделю начали проводить измерения нужных оптических показателей с частотой 1 раз в неделю в течение месяца. Показатель преломления измерялся эллипсометром ЛЭФ-3М. Остаточное отражение измерялось на стенде для измерения остаточного отражения диэлектрических поверхностей. Результаты измерений и динамику изменения оптических показателей можно рассмотреть на графиках (рис. 1, 2).

Было обнаружено, что показатель преломления и остаточное отражение закаленных пленок возрастают быстрее, чем у незакаленных. Это связано с тем, что при закаливании пленки при температуре 150°C вода и органические составляющие пленки испаряются быстрее. Следовательно, она неравномерно высыхает, что приводит к утолщению ее оптической среды и резкому увеличению оптических показателей. Для существенного замедления изменения показателя преломления кристалл, покрытый тонкой пленкой, нужно закаливать при температуре выше 800°C, что не представлялось для нас возможным, так как температура кипения дигидрофосфата калия в среднем составляет 400°C. К сожалению, деградацию тонкой пленки золь-геля невозможно наблюдать как невооруженным глазом, так и с помощью оптического оборудования. Ее можно наблюдать только путем отслеживания изменений оптических показателей.

В процессе исследования гипотеза была подтверждена: измеренные оптические показатели дали возможность выделить динамику деградации тонкой пленки золь-геля. В будущем планируется расширить область изучения данного раздела, более подробно изучив топографию поверхности тонкой пленки диоксида кремния. В дальнейшем также планируется поиск альтернативного катализатора для

улучшения устойчивости полученной пленки к неблагоприятным воздействиям внешней среды.

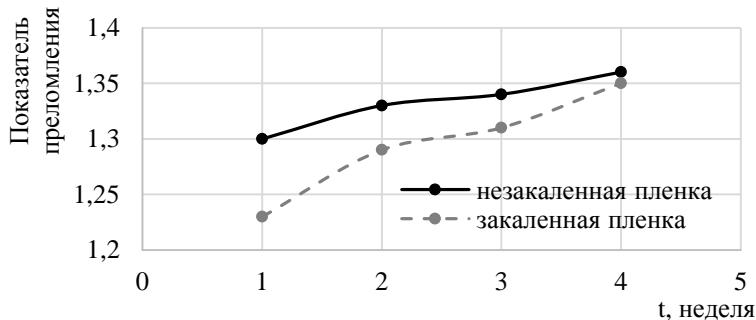


Рис. 1. Изменение показателя преломления пленки SiO_2 в течение месяца

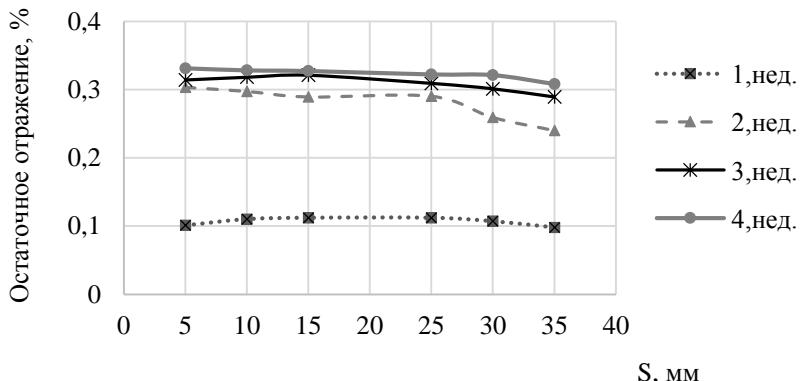


Рис. 2. Изменение остаточного отражения пленки SiO_2 в течение месяца,
где S – область измерения

Литература

- Борилю Л.П., Петровская Т.С., Лютова Е.С. Синтез и свойства тонких пленок на основе фаз системы $\text{SiO}_2\text{--P}_2\text{O}_5\text{--CaO}$ // Неорганические материалы. 2014, Т. 50, № 8. С. 874 – 880.
- Дерягин Б.В., Чураев Н.В. Смачивающие пленки. – М.: Наука, 1984. – 160 с.
- Киреев В.А. Курс физической химии. – М.: Химия, 1975. – 776 с.
- Кругляков П.М., Ровин Ю.Г. Физико-химия черных углеводородных пленок. – М.: Наука, 1978. – 183 с.
- Суйковская Н.В. Химические методы получения тонких прозрачных пленок. – Л., 1971. Гл. 4. С. 114 – 122.

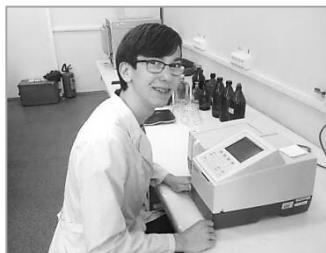
Оценка качества результатов измерения pH с помощью портативного pH-метра

Сорокин Петр Андреевич

11 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Р.В. Абрахеев, доцент кафедры аналитической химии ННГУ им. Н.И.

Лобачевского, кандидат химических наук



В работе выполнено измерение pH различных водных систем с помощью стационарного ЭВ-74 и портативного pH-метра с целью проверки правильности показаний портативного прибора. С помощью теста Стьюдента показано отсутствие статистически значимых различий между найденными величинами pH. Исследования проведены на базе оборудования химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского.

Основным контролируемым показателем качества воды является pH. От его значений зависит не только пригодность водоема для жизни животных и растений, но и возможность применения воды в технологии и быту. Поэтому данный показатель широко применяется в экспертизах по оценке состояния водных экосистем и кислотности различных напитков.

Водородный показатель имеет важное значение в физиологии и медицине: значения pH важны для жизнедеятельности живых организмов, биохимических процессов, которые должны протекать при строго заданной кислотности. Биологические катализаторы-ферменты способны функционировать только в определенных пределах pH.

Измерение pH проводится как на дорогостоящих стационарных приборах, так и портативными устройствами, представленными на рынке, но не прошедшими официальной сертификации. Во втором случае возникает вопрос о качестве полученных результатов, что ставит под сомнение принципиальную возможность использования портативных приборов в исследованиях.

Цель работы состояла в оценке качества результатов измерения pH с помощью портативного pH-метра. Решали следующие задачи: измерение pH с помощью стационарного ЭВ-74 и портативного pH-метра в буферных растворах; калибровка стационарного и портативного pH-метра по стандартным буферным растворам; измерение pH

у реальных объектов с помощью стационарного и портативного приборов; сравнение показаний портативного pH-метра с действительными значениями pH растворов и показаниями стационарного прибора с помощью тестов Стьюдента; формулирование рекомендаций по использованию портативного pH-метра.

На первом этапе работы провели серию измерений pH образцовых буферных растворов с помощью стационарного ЭВ-74 и портативного pH-метра. Анализируемые пробы наливали в химический стакан, помещали в него магнит, ставили на магнитную мешалку, погружали в раствор электродную пару – стеклянный pH-чувствительный и хлоридсеребряный вспомогательный электроды, подключенные к ЭВ-74 (комбинированный электрод портативного pH-метра), дожидались постоянных показаний, которые фиксировали в журнале. Отмывали электроды несколькими порциями дистиллированной воды до постоянных показаний и выполняли аналогично следующее измерение. Каждый объект анализировали пять раз.

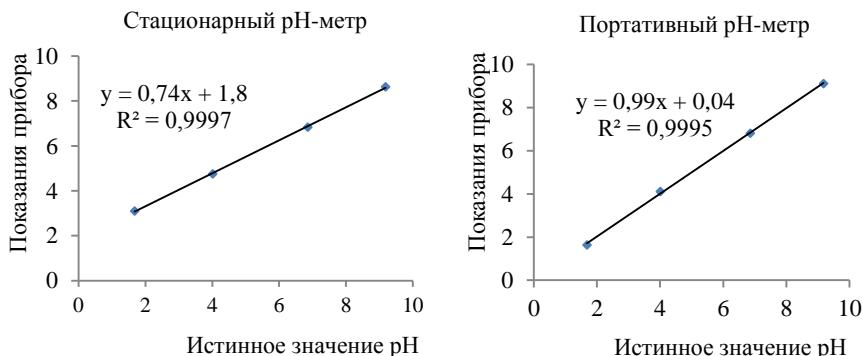


Рис. 1. Калибровочные прямые для стационарного и портативного pH-метров

Полученные в ходе измерений стационарным и портативным pH-метрами данные о pH буферных растворов подвергли статистической обработке, рассчитав интервальное значение pH для каждого из анализируемых образцов. Полученные экспериментальные данные сравнили с паспортным значением pH буферных растворов с помощью теста Стьюдента. Результаты показали необходимость калибровки обоих приборов для возможности дальнейшего вычисления действительного pH раствора по данным измерений. С целью расчета действительных значений pH по показаниям приборов построили калибровочные графики (рис.1).

Из уравнений калибровочных прямых видно, что коэффициенты детерминирования близки к единице, что позволяет говорить о минимальности погрешности, вносимой в расчеты приближением при построении линии тренда. По тангенсу угла наклона калибровочной прямой можно судить о портативном pH-метре как о более точном приборе по сравнению со стационарным pH-метром, что, несомненно, связано со значительным возрастом электродов стационарного прибора.

Для изучения правильности результатов, получаемых с использованием калибровок, провели по их уравнениям пересчет всех показаний портативного и стационарного pH-метров в стандартных буферных растворах. Полученные данные сравнивали с действительными pH буферных растворов с помощью теста Стьюдента, результаты которого показали отсутствие статистически значимых различий между пересчитанными с учетом калибровки показаниями приборов. Наравне с алгебраическим вариантом простого теста Стьюдента снова использовали интервальный способ (рис. 2). Кроме того, сравнивали пересчитанные показания портативного и стационарного pH-метров с помощью теста Фишера и модифицированного теста Стьюдента. Оказалось, что для каждого из исследуемых образцов пересчитанные выборки показаний обоих pH-метров обладают по отношению друг к другу однородными дисперсиями, а также являются частями одной генеральной выборки, то есть между ними нет статистически значимых различий. Таким образом, можно говорить об равноточности показаний обоих приборов.

Для проведения дальнейшего исследования отобрали несколько реальных объектов (водопроводная вода, минеральная вода «Ессентуки-17», газированный и дегазированный напиток «Соса-Cola») – дегазация проводилась на водяной бане при 50°C в течение получаса. Сопоставили значения pH образцов (с учетом уравнений калибровки) с помощью модифицированного теста Стьюдента и построили доверительные интервалы (рис. 3).

Исследование реальных объектов показало, что, доверительные интервалы pH-метров не совпадают полностью, но результаты измерений не имеют статистических отличий ($\xi < F(P, f_1, f_2)$). Поэтому портативный pH-метр не уступает стационарному в качестве измерений и может быть использован при решении аналитических задач.

По результатам работы сделаны следующие выводы:

1) измерения pH стандартных буферных растворов показали необходимость калибровки стационарного и портативного pH-метров для достижения максимальной точности измерений;

2) показания портативного pH-метра ближе к истинным значениям, что, видимо, связано со значительным возрастом электродов стационарного прибора, вызвавшего значительное изменение крутизны электродной функции;

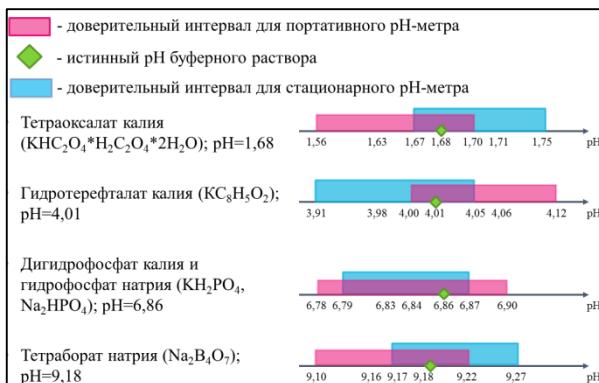


Рис. 2. Показания стационарного и портативного pH-метров в стандартных буферных растворах с учетом калибровки

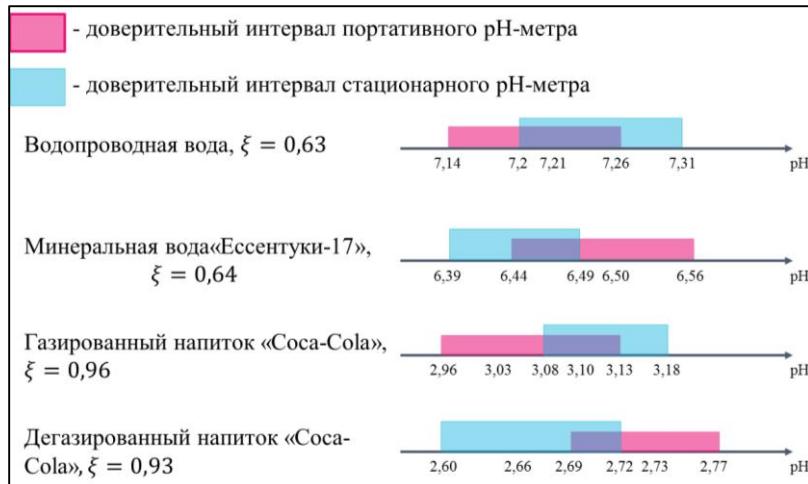


Рис. 3. Показания стационарного и портативного pH-метров в реальных объектах с учетом калибровки

3) построены калибровочные графики, рассчитаны их уравнения и показано, что в широком интервале pH электродная функция для обоих приборов имеет линейный характер;

4) с помощью статистического теста Стьюдента показано отсутствие различий в результатах измерения pH на реальных объектах (вода водопроводная, минеральная; Coca-Cola);

5) на текущий момент портативный pH-метр ни в чем не уступает стационарному, а по стоимости и удобству применения значительно превосходит его.

Литература

1. Алимарин И.П., Иванов В.М. Практическое руководство по физико-химическим методам анализа. – М.: Изд.-во МГУ, 1987. – 208 с.
2. Гармаш А.В., Сорокина Н.М. Метрологические основы аналитической химии. – М.: Изд.-во МГУ, 2012. – 47 с.
3. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Основы теоретической электрохимии. – М.: Химия, КолосС, 2006. – 672 с.
4. Казаков А.В., Кулаков М.В., Мелюшев Ю.К. Основы автоматики и автоматизации химических производств. Учебное пособие. – М.: Машиностроение, 1970. – 376 с.

Исследование толщины просветляющих покрытий в процессе деградации пленок золь-геля

Сороколетова Наталья Александровна
9 класс, МБОУ школа № 35, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель С.Н. Беляев,
младший научный сотрудник ИПФ РАН



Золь-гели – это коллоидные растворы, при нанесении которых на фотоэлемент образуется тонкая пленка оксида, являющаяся просветляющим покрытием. Они широко используются в оптике, лазерной физике и, в перспективе, в энергетике, однако тонкие пленки чувствительны к механическим воздействиям, их легко повредить, а чтобы такого не произошло, пленки закаливают. В данной работе дан ответ на вопрос, истончаются ли просветляющие покрытия после закалывания.

Тонкая пленка – это полимерное покрытие, улучшающее оптические характеристики оптического элемента при правильном ее нанесении. От ее толщины зависят оптические показатели оптического элемента, но, поскольку данная отрасль науки молода, накоплено недостаточно данных об изменении толщины пленок в зависимости от времени и режима закалывания. Цель данной работы – вывести зависимость толщины просветляющего покрытия от режима закалывания.

Сначала был получен раствор золь-геля. Для этого в колбе с изопропиловым спиртом был растворен газообразный аммиак с рассчитанной заранее массой в качестве стабилизатора, этиловый 96%-й спирт в качестве поставщика воды для гидролиза, а также тетраэтоксисилен как поставщик SiO_2 . Затем золь оставался созревать на несколько дней, готовность его оценивалась визуально.

Для нанесения золь-геля на поверхность кристалла дигидрофосфата калия использовался метод погружения детали в раствор. На толщину покрытия влияет скорость погружения в раствор и поднятия из него. Поэтому экспериментально для нужной нам толщины будущей пленки была подобрана скорость погружения – 2,5 мм/сек. Толщина пленки оценивалась по цвету (нужный цвет – светло-зеленовато-голубой, именно при таком цвете толщина покрытия оптимальна для пропускания волны света длиной 1054 нм).

В ходе эксперимента были получены две пленки (одна толщиной 195 нм, а другая – 193 нм). После того первый кристалл был отправ-

лен в духовой шкаф, где пленка закаливалась при температуре 150 °C, а второй кристалл был оставлен в комнатных условиях. Измерения толщины проводились на эллипсометре ЛЭФ-ЗМ с интервалом в неделю.

Как видно (рисунок) закаленная пленка деградирует и истончается намного быстрее, чем незакаленная.

Исследование показало, как изменяется толщина пленки при закаливании. Данная работа в перспективе будет использована при изготовлении оптических деталей и пригодится в дальнейших практических исследованиях пленок и золь-гелей.

В процессе изучения свойств пленок золь-геля выяснилось, что закаливание способствует быстрой деградации пленки.

Толщина пленки зависит от свойств и скорости нанесения золь-геля. Толщина пленки является удобным параметром, по которому можно следить за процессом деградации пленки, что важно для оптики. Стабильность пленки и постоянство ее толщины – залог долговечности и работоспособности оптического элемента.

Результаты данного исследования пригодятся при изготовлении просветляющих покрытий с требуемыми параметрами.

Литература

1. Суйковская Н.В. Химические методы получения тонких прозрачных пленок. – Л.: Химия, 1971. – 200 с.
2. Гельфман М. Коллоидная химия [Электронный ресурс].
<http://m.litfile.me/read/253122/211000-212000?page=8>.

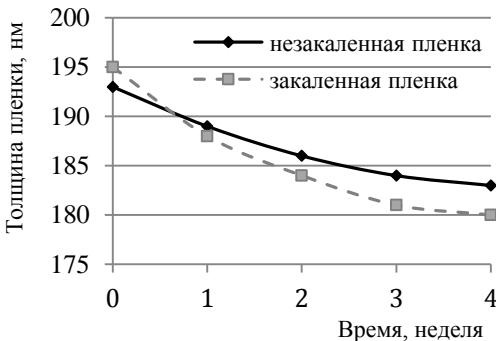
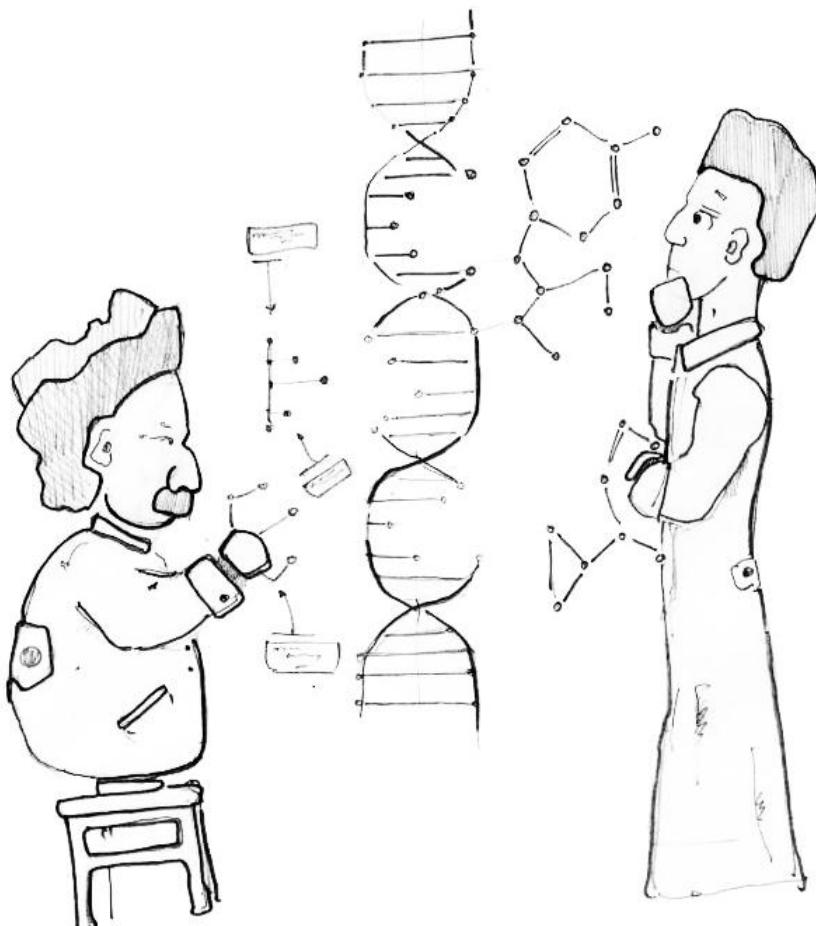


Рис. Изменение толщины пленок

Биофизика и биология



Определение импеданса картофеля

Аляева Ирина Дмитриевна

11 класс, МБОУ школа № 1, г. Богородск

Научный руководитель Н.Н. Тебекина,
учитель физики МБОУ школа № 1



В работе исследовано изменение импеданса тканей картофеля в зависимости от изменения факторов воздействия. Измерения проводились на установке в лаборатории физики НГСХА. Было исследовано влияние по-враждающих факторов на электрические свойства биологического объекта. По анализу построенной дисперсионной кривой было выявлено различное поведение импеданса в разных частотных областях. По результатам эксперимента установлено, что крутизна кривой дисперсии по мере отмирания ткани уменьшается. По определенному коэффициенту поляризации были сделаны выводы о степени отмирания ткани.

Биологическая ткань состоит из клеток и межклеточного пространства, заполненного электролитом. Она способна оказывать высокое сопротивление электрическому току до $10^4 - 10^6$ Ом, имеет небольшую электропроводность за счет эффекта поляризации, то есть возникновения в тканях под влиянием тока вторичной электродвижущей силы обратного знака. В целом сопротивление живых тканей складывается из омического (активного) и емкостного (реактивного) сопротивлений и называется комплексным сопротивлением, или импедансом.

Измерение электропроводности используется в биологии, во-первых, для характеристики физических свойств живого вещества; во-вторых, для изучения изменений, связанных с их функциональным состоянием. Такой подход основан на том, что электропроводность биологического объекта в некоторых условиях величина весьма постоянная. Кроме того, данные, полученные при изучении электропроводности, позволяют судить о структуре живой системы. Последнее особенно важно для биофизики при изучении прижизненной структуры живого вещества.

Если изменять факторы воздействия на биологическую систему, то импеданс будет изменяться, то есть можно проверить реакцию живой ткани на воздействие. Это и будет нашей гипотезой.

Объект исследования – ткань биообъекта (картофеля). Предмет исследования – влияние физических факторов на импеданс картофеля.

Цель работы – определить степень повреждения клубней картофеля по импедансу. Мы определили задачи исследования: отбор и обработка образцов СВЧ полем $P = 0,01$ мВт, $f = 2450$ МГц (аппарат «Биоритм1»), горячей водой, охлаждением, в микроволновой печи $P = 700$ Вт, $f = 2450$ мГц; проведение измерений на установке в лаборатории физики НГСХА; исследование влияния действующих повреждающих факторов на электрические свойства биологических объектов; построение графиков дисперсии электропроводности; определение коэффициента поляризации.

Для оценки физиологического состояния объекта более надежными следует считать данные, характеризующие крутизну дисперсии электропроводности. Тарусов Б.Н. (1968) предложил выражать крутизну дисперсии отношением величины сопротивления, измеренного на низкой частоте, к величине сопротивления, измеренного на высокой частоте, исходя из того, что если два сопротивления измеряются на разной частоте в одинаковых условиях, то отношение между ними оказывается весьма постоянным для нормального состояния данной ткани. Для измерения сопротивления выбраны частоты 10^6 Гц и 10^4 Гц, так как во многих случаях при частоте 10^6 Гц наблюдается максимальная электропроводность объекта, а при частоте 10^4 Гц наблюдается перелом кривой дисперсии. Обычно рассчитывается коэффициент: $K = \frac{10^4}{10^6}$. (1)

Коэффициент, равный единице, свидетельствует о физиологическом состоянии тканей при отмирании.

Сопротивление живого объекта электрическому току можно изучать различными методами. Наибольшее применение имеет метод мостовых схем. На рисунке 1 показана принципиальная мостовая схема для опре-

деления импеданса. Она состоит из моста, генератора и нуль-прибора.

Принцип измерения электрического сопротивления живой ткани R с помощью моста связан с уравновешиванием этого моста, которое осуществляют путем подбора соответствующих значений R .

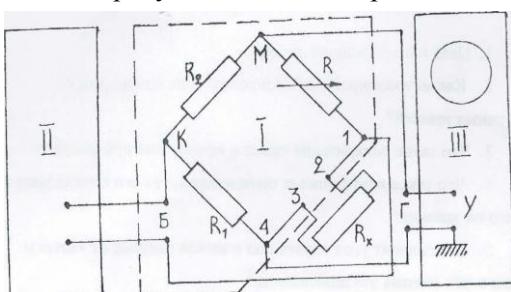


Рис. 1. Принципиальная мостовая схема для определения сопротивления биосистемы R_x

Показателем достижения равновесия является регистрация минимального (или даже нулевого) напряжения между точками М и 1 (рис. 2) каким-либо нуль-прибором (осциллографом, гальванометром, вольтметром и др.).

Анализ электрической схемы равновесного моста позволяет вычислять искомую величину R_x по формуле: $R_x = n R$. (2)

Таблица 1. Выбор образцов картофеля

№ образца	Место сбора	Кто предоставил
1	г. Богородск, сад им. Мичурина	Учитель нач. кл. МБОУ школа № 1 Кийко О.С.
2	Богородский р-н, с. Лакша	Учитель биологии МБОУ школа № 1 Усова Г.М.
3	Богородский р-н, с. Ушаково	Учитель физики МБОУ школа № 1 Тебекина Н.Н.

Для измерения электрического сопротивления картофеля использовали экспериментальную установку, собранную в соответствии со схемой, изображенной на рисунке 2. В биологический объект на расстоянии 1 – 2 см вводили электроды, погружая их в ткань также на 1 – 2 см. Настроили генератор электрического тока на частоту 50 Гц (напряжение выхода генератора в зависимости от вида ткани 0.5 – 5 В) и с помощью переключателей моста уравновешивали мост. По формуле (2) определили значение импеданса (R_x) ткани картофеля при данной частоте.

Не меняя положения электродов относительно образца картофеля, а изменяя только частоту генератора, измеряли электрическое сопротивление ткани при других частотах: 10^2 , $5 \cdot 10^2$, 10^3 , $5 \cdot 10^3$, 10^4 , $5 \cdot 10^4$, 10^5 , $2 \cdot 10^5$ Гц. Полученные значения R_x заносили в таблицу 2.

Таблица 2. Результаты измерений

Ткань	№	50 Гц	10^2 Гц	$5 \cdot 10^2$ Гц	10^3 Гц	$5 \cdot 10^3$ Гц	10^4 Гц	$5 \cdot 10^4$ Гц	10^5 Гц	$2 \cdot 10^5$ Гц
Контроль	1	2000	2000	2000	2000	1200	1000	300	210	200
	2	2000	2000	1000	1400	1100	1010	200	200	200
	3	2110	2100	2000	2000	1000	300	200	200	200
СВЧ $t = 1$ ч.	1	2000	2000	2000	2000	1000	1000	300	200	200
	2	1300	1300	1200	1100	1000	1000	200	100	100
	3	2000	2000	2000	2000	1000	1000	200	200	200

Продолжение таблицы 2

Нагревание $t = 100^\circ\text{C}$, $t = 10 \text{ мин}$	1	1000	1000	1000	1000	1000	200	100	100
	2	1200	1200	1100	1100	1000	1000	100	100
	3	1000	1000	1000	1000	1000	200	100	100
Охлаждение $t = +2^\circ\text{C}$, $t = 40 \text{ мин}$	1	3000	2400	2200	2000	2000	1000	300	200
	2	2000	2000	1300	1200	1000	1000	200	100
	3	2000	2000	2000	2000	1000	1000	200	200
СВЧ, $t = 10 \text{ мин}$	1	90	90	90	90	90	90	90	90
	2	90	90	90	90	90	90	90	90
	3	90	90	90	90	90	90	90	90
СВЧ, $t = 2 \text{ мин}$	1	200	200	200	100	100	100	100	100
	2	200	200	100	100	100	100	100	100
	3	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Таблица 3. Коэффициент поляризации $K = \frac{10^4}{10^6}$, точнее R при $10^4/R$ при 200 000 Гц

Ткань	№ образца	Коэффициент поляризации
Контроль	1	5,00
	2	5,05
	3	5,00
СВЧ $P = 0,01 \text{ мВт}, f = 2450 \text{ мГц}$ $t = 1 \text{ ч.}$	1	5,00
	2	10,00
	3	5,00
$t = 100^\circ\text{C}$, $t = 10 \text{ мин}$	1	10,00
	2	10,00
	3	10,00
$t = +2^\circ\text{C}$, $t = 40 \text{ мин}$	1	5,00
	2	10,00
	3	5,00
Микроволновая печь, $P = 700 \text{ Вт}$ $t = 10 \text{ мин}$	1	1,00
	2	1,00
	3	1,00
Микроволновая печь, $P = 700 \text{ Вт}$ $t = 2 \text{ мин}$	1	1,00
	2	1,00
	3	1,00

Вывод: При обработке образцов картофеля СВЧ излучением $t = 1 \text{ ч.}$ $f = 2450 \text{ МГц}$, $P = 0,01 \text{ мВт}$; при $t = 100^\circ\text{C}$, $t = 10 \text{ мин}$; $t = +2^\circ\text{C}$, $t = 40 \text{ мин}$. ткань остается живой, так как $K > 1$.

При отмирании тканей поляризация исчезает, коэффициент поляризации становится равным единице, что мы наблюдаем в образцах, обработанных в микроволновой печи при $P = 700 \text{ Вт}$, $t = 2 \text{ мин.}$, 10 мин.

Мы построили графики дисперсии электропроводности для нормальной и поврежденной тканей в одних осях координат, откладывая на оси ординат величину сопротивления, а на оси абсцисс – логарифм частоты (рис. 2).

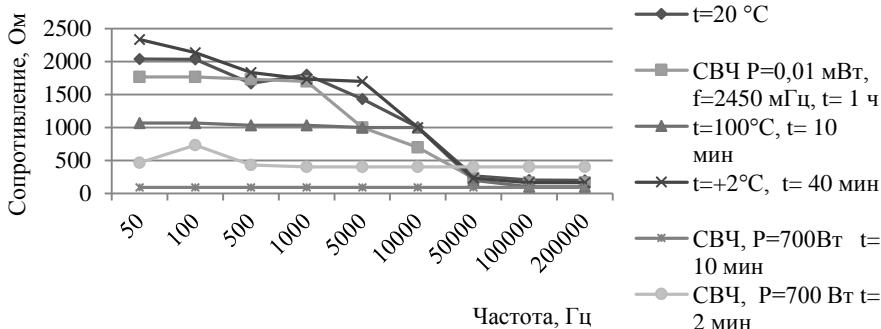


Рис. 2. Сравнительная графическая зависимость математического ожидания дискретной случайной величины (сопротивления биоматериала) $M[X]$ от частоты тока

Частота излучения при низкоинтенсивном и тепловом СВЧ воздействии была одинаковой.

Анализируя графики, построенные по результатам эксперимента, можно увидеть, что ткань отмирает при воздействии микроволновой печи, $P = 700 \text{ Вт}$. Наиболее четко различное поведение импеданса в разных частотных областях прослеживается на дисперсионной кривой. Можно наблюдать монотонное уменьшение импеданса в области низких частот. Анализируя графики дисперсии электропроводности и сравнивая с представленными экспериментальными данными, можно сделать вывод о том, что мы смогли измерить импеданс тканей картофеля. Для различных образцов он получился разный, то есть проводимость тканей различна.

По графикам можно сделать вывод о действии воздействующих повреждающих факторов на электрические свойства биологических объектов. Всех ближе к кривой импеданса образцы, подвергавшиеся охлаждению при $t = +2^{\circ}\text{C}, t = 40 \text{ мин}$. и контроль. Образцы, обработанные в микроволновой печи, практически стали не электропроводны.

Из приведенных результатов следует, что крутизна кривой дисперсии по мере отмирания ткани уменьшается, то есть наблюдается заметное уменьшение низкочастотного сопротивления, тогда как

высокочастотное сопротивление практически остается неизменным.

При отмирании ткани коэффициент поляризации приближается к единице. Кроме того, данные, полученные при изучении электропроводности, позволяют судить о структуре живой системы. Последнее особенно важно для биофизики при изучении прижизненной структуры живого вещества.

Метод, которым мы определяли импеданс ткани картофеля, для нас показательный и его можно применять для оценки функционального состояния тканей, а возможно, и при оценке качества продуктов питания.

Литература

1. Артюхов В.Г. Биофизика. – Воронеж: ВГУ, 1994. – 339 с.
2. Булычев А.А. Современные методы биофизических исследований. – М.: Высш. школа, 1988. – 359 с.
3. Бурлакова Е.В. Малый практикум по биофизике. – М.: Высш. школа, 1964. – 408 с.
4. Владимиров Ю.А. Биофизика. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.
5. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М.: Наука. – 592 с.
6. Гродзинский Д.М. Биофизика растений. – Киев, Наукова думка, 1972. – 256 с.
7. Изаков В.Я., Рыбин И.А. Биоэлектрические явления у животных и растений. Ч. 1. – Свердловск: УГУ, 1973. – 178 с.
8. Костюх П.Г., Крышталь О.А. Механизмы электрической возбудимости нервной клетки. – М.: Наука, 1981. – 204 с.
9. Тихомиров А.М. Импеданс биологических тканей и его применение в медицине. – М.: РГМУ, 2006. – 12 с.

Исследование порфиразиновых хромофоров как агентов для фотодинамической терапии в эксперименте *in vitro*

Анисимова Олеся Александровна

10 класс, МБОУ лицей № 8, ШЮИ ИФР РАН

Научный руководитель Н.Ю. Шилягина,
ассистент кафедры биофизики ННГУ
им. Н.И. Лобачевского, кандидат биологических наук



В работе исследованы спектральные свойства, скорость накопления в патологическом очаге и возможность использования фотосенсибилизатора (тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразина), синтезированного в Институте металлоорганической химии РАН в качестве агента для фотодинамической терапии.

Фотодинамическая терапия – это один из методов лечения онкологических заболеваний. Для его реализации пациенту вводится фотоактивное соединение (фотосенсибилизатор). Это соединение из-за своих химических особенностей и особенностей строения опухоли способно накапливаться в патологическом очаге. Отметим, что благодаря флуоресценции данного соединения возможно обнаружение границ опухоли. После накопления фотосенсибилизатора в опухоли этот участок освещают светом определенной длины волн, на которой фотосенсибилизатор поглощает. В результате в опухоли в присутствии кислорода тканей развиваются окислительные фото-химические превращения, и опухоль разрушается.

В настоящее время известно большое количество фотосенсибилизаторов, использующихся для фотодинамической терапии онкологических заболеваний, но, к сожалению, многие из них обладают существенными недостатками. В связи с этим целью работы являлось исследование порфиразиновых хромофоров в качестве агентов для фотодинамической терапии в эксперименте на клеточных культурах. Для дости-

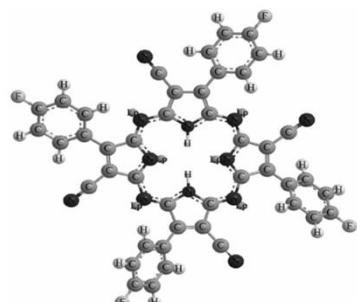


Рис. 1. Структурная формула тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразина, $pz(4FPh)_4(CN)_4$

жения заявленной цели были поставлены следующие задачи: освоить метод культивирования клеток; исследовать спектры поглощения и флуоресценции порфиразина; изучить динамику накопления порфиразина опухолевыми клетками; в экспериментах на клеточных культурах оценить возможность использования порфиразина в качестве фотосенсибилизатора для фотодинамической терапии. *Объектом исследования* стал тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразин (рис. 1), который был синтезирован в Институте металлоорганической химии Российской академии наук (Нижний Новгород).

Первым шагом исследования стала оценка спектральных свойств порфиразина (поглощения и флуоресценции) с целью определения рабочих диапазонов длин волн. Для этого мы использовали планшетный спектрофотофлуориметр SynergyMX. На графике (рис. 2) представлены отнормированные на максимум спектры поглощения и флуоресценции исследуемого вещества. Порфиразин поглощает свет в диапазоне длин волн 500 – 600 нм с максимумом на длине волны 560 нм, флуоресцирует в диапазоне длин волн 600 – 750 нм с максимумом на длине волны 640 нм, при возбуждении на длине волны 594 нм [4]. Отметим, что порфиразин поглощает и флуоресцирует в оптическом окне прозрачности биотканей, то есть в том диапазоне спектра, где ткани прозрачны для света.

Для оценки динамики накопления порфиразина клетками был освоен метод культивирования клеток. Весь спектр исследований проводился на клеточной культуре СТ-26 колоректальной аденокарциноме мыши (рис. 3). Микроскопическое изображение клеток СТ-26 представлено

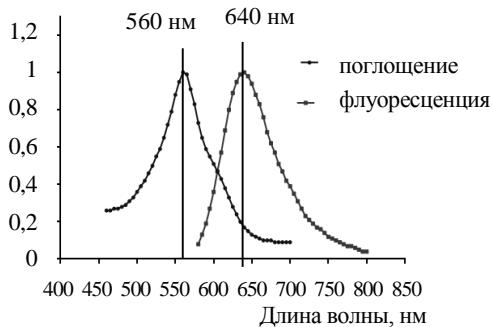


Рис. 2. Отнормированные на максимум спектры поглощения и флуоресценции порфиразина. Концентрация 1.2×10^{-4} . Возбуждение флуоресценции 594 нм.

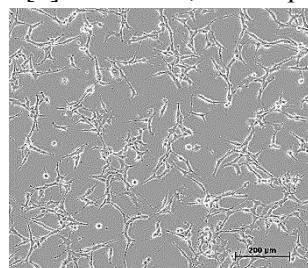


Рис. 3. Микроскопическое изображение клеток СТ-26

на слайде. Работа проводилась в стерильных условиях в специально оборудованной лаборатории.

Для оценки времени накопления порфиразина, клетки СТ-26 высаживались на лунки 96-луночного планшета и далее инкубировались в течение ночи (рис. 4). На следующий день, когда клетки прикрепились ко дну лунки, мы добавляли к клеткам порфиразин и по его флуоресценции при помощи конфокального микроскопа далее отслеживали, как порфиразин из внеклеточной среды переходил в клетку и где в клетке он накапливался.

Порфиразин хорошо накапливается в околоядерной области клетки (рис. 5). Накопление клетками порфиразина происходит в считанные минуты, и уже через 30 минут инкубации порфиразин практически полностью переходит из внеклеточной среды в клетку.

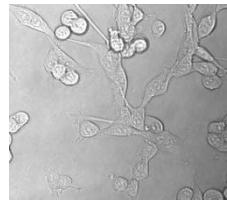


Рис. 4. Клетки СТ-26. Контроль

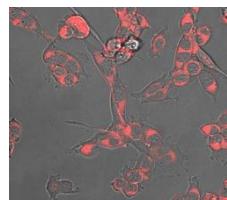


Рис. 5. Клетки через 30 мин. инкубации с порфиразином

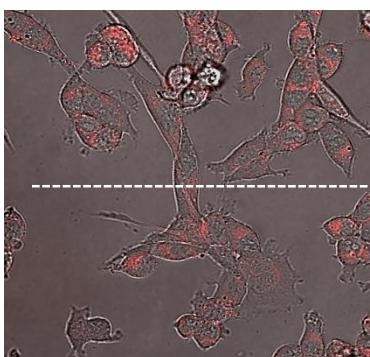


Рис. 6. Клетки СТ-26 после 30 минут инкубации с порфиразином

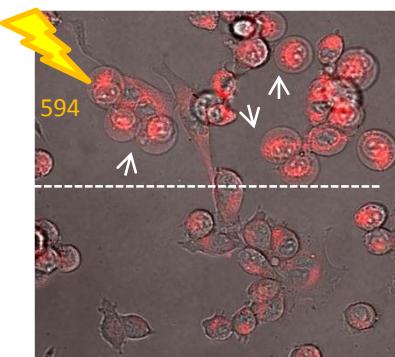


Рис. 7. Клетки СТ-26 после 10 минут светового воздействия ($50 \text{ Дж}/\text{см}^2$)

Для исследования фотодинамических свойств порфиразина, а именно его способности после освещения светом определенной длины волн запускать окислительные фото-химические превращения, нами был проведен следующий эксперимент.

После накопления клетками порфиразина полученное изображение мы разделили на две равные части (рис. 6). Верхнюю часть изображе-

ния мы облучали светом с длиной волны 594 нм в дозе 50 Дж/см², а нижнюю оставляли в темноте.

Далее получали изображение целого участка, но с использованием менее мощного лазерного пучка, который не способен запустить фотодинамический процесс. Хорошо видно, что при облучении клеток СТ-26, содержащих порфиразин, наблюдается «пузырение» мембран клеток, что свидетельствует о их гибели, в то время как при инкубации с красителем в темноте клетки сохраняют свою жизнеспособность (рис. 7).

Таким образом, нами было показано, что порфиразин поглощает и флуоресцирует в оптическом окне прозрачности биотканей.

Что порфиразин накапливается опухолевыми клетками СТ-26 уже через 30 минут после добавления его в среду инкубации, и основными местами внутриклеточной локализации порфиразина является окколоядерная область клетки, что очень важно для ФДТ, так как ядро наиболее чувствительно к фотодинамическому повреждению. Порфиразин является эффективным фотосенсибилизатором, так как при облучении клеток СТ-26, содержащих порфиразин, наблюдается «пузырение» мембран клеток и их гибель.

Литература

1. Миронов А.Ф. Фотодинамическая терапия рака – новый эффективный метод диагностики и лечения злокачественных опухолей // Соросовский образовательный журнал, 1996, № 8. С. 32 – 40.
2. Приезжев А.В., Тучин В.В., Шубочкин Л.П. Лазерная диагностика в биологии и медицине. – М.: Наука, 1989. – 238 с.
3. Узденский А.Б. Клеточно-молекулярные механизмы фотодинамической терапии. – М.: Наука, 2010. – 327 с.
4. Шестакова Л.Н. Исследование порфиразиновых хромофоров как потенциальных фотосенсибилизаторов для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний» // Школа юного исследователя: Сборник исследовательских работ учащихся. Вып. 8. – Н.Новгород, 2015. – 192 с. – С. 22 – 26.

Экспериментальное исследование температуры фазового перехода (необратимой денатурации) белков куриных яиц

Базанов Дмитрий Александрович
7 класс, МБОУ СОШ № 7, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Р.В. Троицкий,
доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
кандидат физико-математических наук



В работе экспериментально исследовались минимальная температура денатурации белков куриных яиц и некоторые сопутствующие тепловые параметры. В результате установлено, что для желтка она ниже, чем для белка на величину, не превышающую $2,5^{\circ}\text{C}$, а диапазон температур денатурации обеих фракций (желтка и белка) составляет $67^{\circ}\text{C} - 70,5^{\circ}\text{C}$.

В разных источниках говорится о различных температурах, которых достаточно для того чтобы сварить яйцо. В художественной литературе, записках путешественников утверждается, что птичьи яйца легко сварить в сильно нагретом солнцем песке, при этом его температура обычно оценивается (по-видимому, весьма произвольно) в 50°C . По запросу в интернете [1] обнаружен значительный разброс температур песка, лежащих в диапазоне от 45°C до 65°C , при этом заслуживающие большего доверия сайты тяготеют к его верхней границе ($60^{\circ} - 65^{\circ}\text{C}$). Кроме того, нашлись сайты, указывавшие на разницу в температурах, необходимых для затвердевания яичного белка и желтка (для последнего на 1 – 4 градуса ниже). Поэтому было решено оценить в эксперименте эти температуры.

Основным содержимым птичьих, в частности куриных, яиц является белок. Белок или протеин (protein) – высокомолекулярное органическое соединение – полимер, построенный из остатков аминокислот, соединенных между собой пептидными связями ($-\text{CO-NH}_2-$); важнейшее вещество живой клетки, выполняющее многообразные функции и составляющее около 50% сухой массы живых организмов.

Белки состоят из аминокислот (их всего 20). У каждой аминокислоты существует радикал (по нему аминокислоты отличаются друг от друга), аминогруппа и кислотная (карбоксильная) группа, при взаимодействии которых получается

пептидная связь, поэтому белки еще называют полипептидами. По энергии связи элементов, значению и функциям принято выделять 4 уровня структуры белка.

Первичная структура – цепочка из аминокислот, связанных пептидной связью (сильной, ковалентной). Чередуя аминокислоты в разном порядке, можно получать миллионы разных белков. Если поменять в цепочке хотя бы одну аминокислоту, строение и функции белка изменятся. Поэтому первичная структура считается самой главной в белке.

Вторичная структура – спираль. Удерживается водородными связями (слабыми).

Третичная структура – глобула (шарик), в которой присутствуют четыре типа связей: дисульфидная (серный мостик) – сильная, остальные три (ионные, гидрофобные, водородные) – слабые. Форма глобулы у каждого белка своя, от нее зависят функции. При денатурации форма глобулы меняется, и это влияет на работу белка.

Четвертичная структура имеется не у всех белков. Она состоит из нескольких глобул, соединенных между собой теми же связями, что и в третичной структуре (например, гемоглобин.)

В природных условиях белки имеют несколько термодинамически выгодных конформационных состояний, их называют нативными (природными – от *natura* (лат.) – природа).

Денатурация – это лишение белка его природных, нативных свойств, сопровождающееся разрушением четвертичной (если она была), третичной, а иногда и вторичной структуры белковой молекулы, которое возникает при разрушении дисульфидных и слабых типов связей, участвующих в образовании этих структур. Первичная структура при этом сохраняется – она сформирована прочными ковалентными связями. Разрушение первичной структуры может произойти только в результате гидролиза белковой молекулы длительным кипячением в растворе кислоты или щелочи. Факторы, вызывающие денатурацию белков, разделяют на физические и химические. Воздействие повышенной температуры относят к физическим факторам. Для разных белков характерна различная чувствительность к тепловому воздействию [2].

В работе мы попытались оценить температуру денатурации (по-видимому до уровня нарушения четвертичной и третичной структуры) белков куриных яиц.

Параметры установки и условий проведения эксперимента

Для выполнения исследования была создана экспериментальная установка: литровая стеклянная банка с водой, в которой размещались кипятильник, термометр и нагреваемое яйцо; штатив, к которому оно подвешивалось в нитяной сетке.

В ходе экспериментов яйцо вывешивалось в верхней части банки так, чтобы его более длинная ось располагалась горизонтально, а расстояние от его верхней точки до поверхности воды составляло 1,5 – 2 см. Кипятильник мощностью 230 Вт помещался на дно банки, по возможности ближе к его центру. Датчик электротермометра располагался на уровне средней по горизонтали и вертикали точки поверхности яйца, на расстоянии 1 – 1,5 см от нее.

Электротермометр с диапазоном измерений от -60°C до $+140^{\circ}\text{C}$ и паспортной погрешностью измерений $0,25^{\circ}\text{C}$ был прокалиброван с помощью ртутного термометра до верхней границы его шкалы (55°C). Размеры термочувствительной головки электротермометра по нашим оценкам – 1мм на 1мм на 2мм. Цена деления ртутного термометра $0,1^{\circ}\text{C}$, и такова же максимальная погрешность его измерений. Регистрирующее устройство электротермометра – ноутбук, минимальный шаг показаний $0,2$ – $0,25^{\circ}\text{C}$. Расхождение показаний электрического и ртутного термометров в ходе калибровки не превышало $0,2^{\circ}\text{C}$ в диапазоне сравнения (от 40°C до 55°C). При калибровке к ртутному термометру жестко прикреплялся датчик электротермометра так, чтобы его кончик находился на расстоянии 1 – 2 мм от середины столбика ртути (его длина 6 – 7 мм) на конце ртутного термометра. Калибровка проводилась при свободном остывании воды в банке от температур чуть больших 55°C при помешивании скрепленными термометрами, концы которых размещались вблизи от геометрического центра банки.

Промеры электротермометром температур на разных глубинах показали, что во время нагревания воды с яйцом колебания температуры в разных точках внутри банки до выхода на стационарный режим значительны (до 4 – 5°C), даже если не приближать термометр к боковым стенкам и дну. Однако после выхода на требуемый температурный режим, если включать кипятильник не более чем на 4 – 5 секунд, колебания температуры во времени и пространстве значительной части объема банки не превышают $0,5^{\circ}\text{C}$; а вблизи яйца можно добиться их ограничения значением, совпадающим с шагом

показаний электротермометра – не более $0,25^{\circ}\text{C}$. Исходя из результатов таких промеров яйцо, кипятильник и датчик размещались указанным выше образом.

Эксперименты и их результаты

В ходе экспериментов цельное яйцо с начальной температурой несколько ниже комнатной размещалось в банке с водой при температуре около 30°C , как было описано выше. Выход на стационарный режим нагрева до температуры воды не выше 65°C происходил за время не более девяти минут. После эксперимента яйцо остывало на воздухе до комнатной температуры, разбивалось, и содержимое его анализировалось. Первые два эксперимента проводились с температурами 50° и 55°C ; временем стационарного режима нагрева 25 и 45 минут соответственно. Несмотря на малый размер яиц – С3, в итоге они оказались абсолютно жидкими. Малый интервал между температурами связан с надеждами на ртутный термометр – он более точен, но шкала ограничена 55°C . Таким образом, оказалось, что в пеке с температурой 50°C (и даже 55°C) яйца сварить не удается.

После этого была произведена калибровка электротермометра. Далее были проведены эксперименты с температурами воды 70° и 80°C (время выхода на режим около 11 и 14 минут), при времени поддержания этой температуры 30 и 15 минут. При таких параметрах яйца сварились. Второй из этих экспериментов был нацелен на оценку теплопроводящих параметров яйца. Таким образом, выяснилось, что искомый диапазон сваривания $55^{\circ} – 70^{\circ}\text{C}$.

Кроме того, была проведена серия экспериментов с температурами 63°C ; 65°C и $67,3^{\circ}\text{C}$ при времени нагрева 25, 40, 45 минут соответственно. При температуре 63°C яичный белок стал мутновато-неоднородным, приобрел клочковатость и в среднем – консистенцию желе из неконцентрированного бульона; желток оставался жидким. Из-за начавшихся изменений в итоговом внешнем виде белка в этой серии следующую температуру выбирали близкой к предыдущей, а время – большим (яйца оказались крупнее – С-1). Изменения белка в этом и следующем эксперименте усиливались, но желток яйца оставался жидким, а белок становился все более мутным.

В последнем эксперименте ($68,5^{\circ}\text{C}$; 50 мин) желток оказался твердым, а белок — беловато-неоднородным; с виду по консистенции он напоминал концентрированный холодец, однако продолжал самопроизвольно разваливаться на конгломераты с характерным

линейным размером от 2 до 5 мм. Учитывая большое время нагрева в последнем эксперименте по сравнению с временем 80-градусного нагрева (50 и 15 минут), можно утверждать, что финальная температура центра желтка в нем отличалась не более чем на 1,5⁰C от внешней (67,0⁰C). Очевидно, что при варке всмятку (рекомендуемое время кипчения 3 – 5 минут в зависимости от размера и желаемой консистенции яйца) находящийся в подвешенном состоянии ближе к центру желток [3] не успевает прогреться до температуры необратимой денатурации, а белок (он ближе к поверхности яйца) обычно достигает ее. В то же время при варке «вкрутую» (кипчение от 7 минут для яиц С-1) температура, даже в центре желтка, доходит по крайней мере до 68⁰C, а у белка значительно ее превышает.

Выводы

Для того чтобы сварить куриное яйцо вкрутую, его желток надо нагреть как минимум до температуры 67,8±0,8⁰C; а белок – до 69,25±1⁰C. Желток имеет объективно более низкую температуру денатурации, чем белок.

В работе не удалось оценить, как намечалось, влияние разнообразных химических пищевых добавок на температуру денатурации белков куриных яиц, а также разброс ее значений. Эти задачи остаются перспективными направлениями развития данной работы.

Литература

1. Ответы по запросам в интернете: «минимальная температура варки яиц», «при какой минимальной температуре можно сварить птичьи яйца» и т.п.
2. Белки [Электронный ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Белки>.
3. Яйцо [Электронный ресурс]. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Яйцо>.

Сравнительный анализ клеточной гибели в нормальных и опухолевых культурах

Баскаков Егор Юрьевич

9 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.О. Антонова,
аспирант ИББМ ННГУ им. Н.И. Лобачевского



В работе проведен сравнительный анализ уровня апоптоза в клеточных культурах карциномы кишечника мыши CT26.WT и нормальных клетках эпителия яичника китайского хомячка СНО под действием различных концентраций генотоксического вещества (дактиномицина.). Исследование проводилось с использованием метода проточной цитофлуориметрии, с применением флуоресцентных химических красителей: фикоэритрина, коньюгированного с аннексином-V (маркер апоптоза) и 7-AAD, проникающего в клетку при некротическом разрыве мембранны. Показано, что при обычном культивировании апоптотическая гибель в культуре СНО составляет 27,2%, а в культуре CT.26WT – 3%. При воздействии дактиномицином в низких концентрациях (до 2 нМ) уровень апоптоза увеличивается до 98,5% и 23,4% соответственно, тогда как при больших концентрациях генотоксика уровень апоптоза в культуре CT26.WT снижается на фоне увеличения процента клеток с поврежденной мембраной.

Изучение программируемой клеточной гибели – апоптоза, умение корректировать механизмы апоптоза в клетках являются одними из актуальных задач современной биологической и медицинской наук, особенно в свете борьбы с злокачественными заболеваниями, инсультами, инфарктами, дегенеративными болезнями нервной системы [2, 3]. Представление о базовом уровне клеточной гибели в культуре, а также о поведении клеток в ответ на различные токсические воздействия позволит более качественно интерпретировать результаты последующих экспериментов, проводимых на клеточных линиях.

Целью работы было исследование апоптотического ответа в опухолевых и нормальных культурах CT26.WT и СНО в норме и при действии различных доз генотоксика дактиномицина. Были сформулированы следующие задачи: изучить теоретические основы понятия «клеточная смерть» (типы гибели, их механизмы, сигналы запуска, механизмы регуляции); освоить технику клеточных культур; освоить метод инвертированной микроскопии для мониторинга состояния клеточной культуры; изучить клеточную гибель в культуре

СТ26.WT и СНО без воздействия и при воздействии различных доз дактиномицина методом проточной цитофлуориметрии. *Объектом* исследования стали СТ26.WT (ATCC® CRL-2638™) – клетки карциномы кишечника мыши; СНО (ATCC® CRL-9618™) – клетки эпителия яичника китайского хомячка. *Предметом* исследования была клеточная гибель (апоптоз) в культурах СТ26.WT и СНО.

Клетки выращивали в культуральных флаконах в среде, содержащей 10% эмбриональной телячьей сыворотки, в СО₂-инкубаторе. Мониторинг состояния культуры проводили с помощью инвертированного микроскопа Axiovert200 (Carl Zeiss, Германия). Пересев клеток осуществляли два раза в неделю по мере нарастания монослоя. При пересеве клетки отмывали фосфатно-солевым буфером (PBS), снимали со дна флакона раствором трипсина:версена 1:1, отмывали и подсчитывали в камере Горяева. Суспензию разбавляли так, чтобы плотность клеток при посадке была 250 тыс. на 1 см².

Для проведения эксперимента клетки рассевали в лунки шестилюночного планшета, подращивали на протяжении суток. Затем в инкубационную среду вносили дактиномицин в концентрациях 1,2 и 5 нМ, а одну лунку оставляли контрольной. Клетки инкубировали в присутствии дактиномицина на протяжении суток. Затем клетки снимали, отмывали от среды центрифугированием, ресуспендировали в свежем PBS. Проводили подсчет клеток и разбавляли суспензию до концентрации 1 млн/мл. Отбирали из суспензии 100 тысяч клеток, осаждали их центрифугированием, заменяли PBS на аннексин-V – связывающий буфер. Клетки ресуспендировали и добавляли к буферу по 5 мкл аннексина-V и 7-AAD. Инкубировали в темноте в течение пятнадцати минут. Далее клетки отмывали от реагентов центрифугированием, заменяли буфер на свежий PBS. Анализировали образцы методом проточной цитофлуориметрии

Проточная цитофлуориметрия – метод исследования водных дисперсных систем в режиме анализа одиночных элементов по сигналам светорассеяния (прямого, бокового) и флуоресценции. Принцип метода заключается в облучении клетки лазером определенной длины волны с последующей регистрацией сигналов светорассеяния и флуоресценции от каждой клетки. Клеточная суспензия, предварительно меченная флуоресцентными красителями, попадает в поток жидкости, проходящий через проточную ячейку, и просвечивается лазерным лучом. В момент пересечения клеткой лазерного луча детекторы фиксируют рассеяние света под малыми углами (от 1° до

10°) (данная характеристика используется для определения размеров клеток) и рассеяние света под углом 90° (позволяет судить о неоднородности и гранулярности клеток). Измерение интенсивности флуоресценции двух используемых красителей производили на проточном цитофлуориметре FACSCalibur (BD, США).

Для возбуждения флуоресценции использовали лазеры с длиной волны 488 нм (для фикоэритрина) и 635 нм (для 7-AAD). Сигналы флуоресценции снимали соответственно во 2-ом и 3-ем каналах. Спектры возбуждения и флуоресценции использованных красителей представлены на рисунке 1.

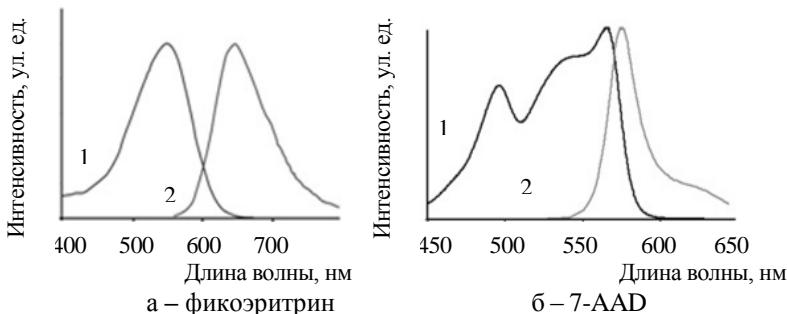


Рис. 1. Спектры возбуждения (1) и флуоресценции (2) используемых красителей

При анализе собирали информацию о 30 000 событий. Флуоресценция 7-AAD наблюдается в клетках только при повреждениях мембраны, так как молекула 7-AAD может проникнуть в клетку только при разрыве мембранны. Флуоресценция фикоэритрина, которым помечена молекула аннексина-V, наблюдается на поверхности клеток при апоптозе, поскольку соединяется с фосфатидилсерином, который появляется на внешней стороне мембранны только при апоптозе.

При обработке полученных результатов определяли популяцию событий, которые по показателям прямого и бокового светорассеяния соответствовали клеткам, далее среди популяции клеток выявляли субпопуляции с разной интенсивностью флуоресценции красителей, ограничивая их гейтами, разделяя события на группы – «живые», «апоптотические», «с поврежденной мембраной», «апоптотические с поврежденной мембраной» (рис. 2). Затем переносили соответствующие гейты на гистограммы (рис. 3 и 4). В норме (контроль) в клеточной культуре присутствует апоптотическая гибель (3% в культуре опухолевых клеток, 27,2% в культуре нормальных клеток).

При добавлении в среду дактиномицина уровень апоптоза в культуре нормальных клеток достигает 98,5%, а в культуре опухолевых – 23,4%. Опухолевые клетки проявляют большую резистентность к действию дактиномицина.

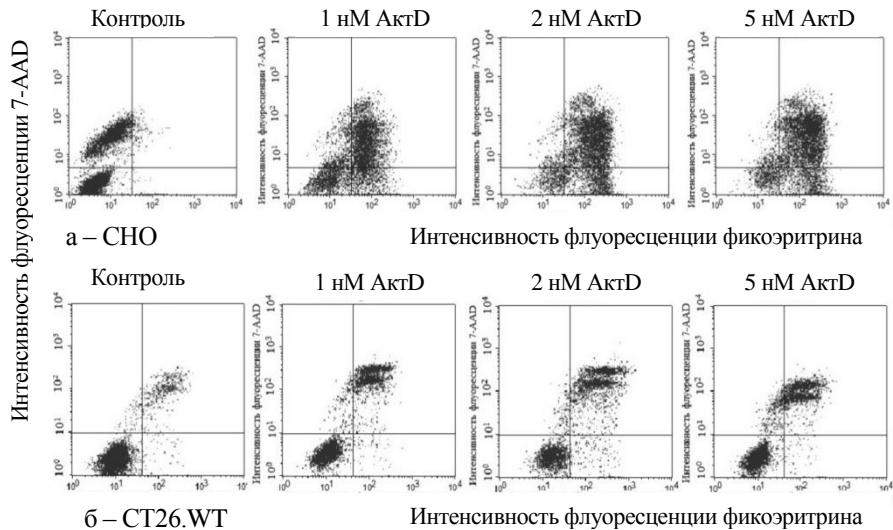


Рис. 2. Увеличение клеточной гибели в культурах СТ26.WT и СНО при действии различных концентраций дактиномицина

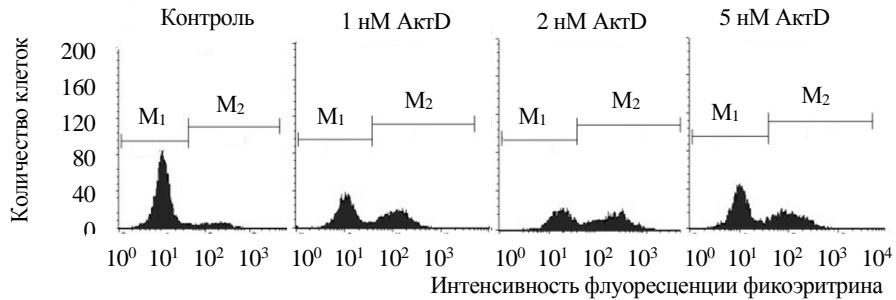


Рис. 3. Уровень апоптоза в культуре СТ26.WT при действии различных концентраций дактиномицина (M_1 – клетки в норме, M_2 – апоптотические клетки)

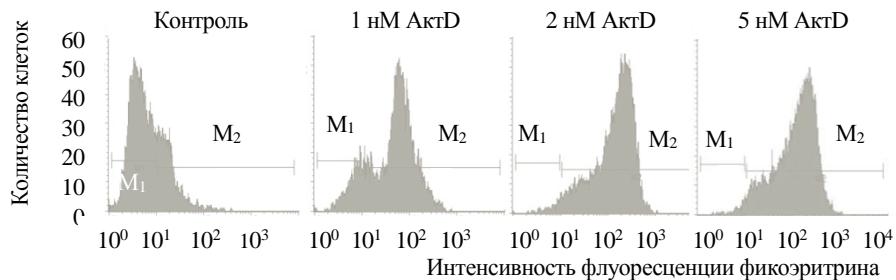


Рис. 4. Уровень апоптоза в культуре СНО при действии различных концентраций дактиномицина (M₁ – клетки в норме, M₂ – апоптотические клетки)

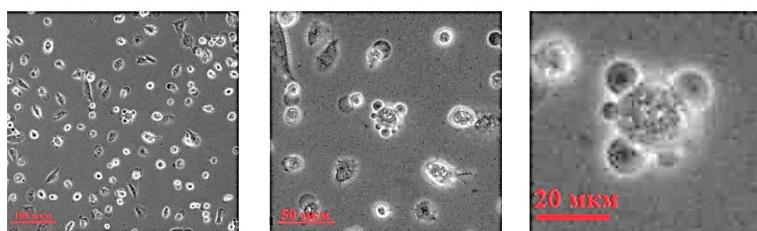


Рис. 5. Апоптоз в культуре СНО через 24 часа после начала инкубации с актиномицином D, заметно увеличение количества погибших клеток, блебинг мембранны

В ходе анализа результатов было выявлено, что клеточная гибель в линии СНО в ответ на действие дактиномицина носит стремительный характер. Клетки СНО проявляют высокую чувствительность к дактиномицину и погибают апоптотически (гибель >95%). IC₅₀ для 24 часов для клеток СНО составила ≈0,4 нМ, для клеток CT26.WT в данном диапазоне концентраций (до 5 нМ) IC₅₀ не определяется.

Полученные данные говорят об устойчивости опухолевых клеток CT26.WT(гибель <25%) в отношении дактиномицина по сравнению с близкими по происхождению нормальными клетками СНО, вероятнее всего, это свидетельствует о наличии у опухолевых клеток CT26.WT резистентности к генотоксическим веществам, вызывающим апоптоз.

Литература

1. Векшин Н.Л. Биофизика ДНК-актиномициновых нано-комплексов. – Пущино, 2009. – 192 с.
2. Корман Д.Б. Основы противоопухолевой терапии. – М., 2006. – 503 с.
3. Льюин Б. Клетки. Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 951 с.

Обоснование возможности распространения вариабельного потенциала высших растений в соответствии с электрической гипотезой

Богородицкая Екатерина Дмитриевна

9 класс, МАОУ лицей № 180, ШОИ ИПФ РАН

Научный руководитель Е.Н. Морозова,
младший научный сотрудник Института биологии и
биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского



В работе исследованы биоэлектрические потенциалы растений, изучены три гипотезы распространения вариабельного потенциала. В ходе работы поставлены эксперименты на проростках гороха для доказательства электрической гипотезы. На растениях, выращенных гидропонным способом, индуцирован вариабельный потенциал (ВП) путем обжигания открытым пламенем. Рассчитана скорость распространения и амплитуда ВП. Полученные данные сравнили с результатами, рассчитанными на основе кабельного уравнения. По результатам работы гипотеза не подтвердилась.

Способность генерировать биоэлектрические потенциалы – свойство живых систем. Согласно современным представлениям, растительные организмы так же, как и животные, подвержены состоянию стресса. Генерация биопотенциалов у растений играет ключевую роль в протекании жизненно важных процессов: в протекании энергетических превращений, в регуляции клеточных процессов, сигнальная роль. С учетом этого исследование процесса электрогенеза высших растений составляет весьма актуальную задачу.

Область биоэлектрических потенциалов в биофизике на данный момент – одна из самых неизведанных. Одним из направлений, получившим развитие, явилось изучение непосредственных причин, лежащих в основе генерации биоэлектрических потенциалов. Очевидно, что без знания механизмов возникновения электрических потенциалов в клетке невозможно в полной мере оценить их роль в различных функциях клеток, тканей и организма в целом [3, с. 3].

Уже известно, что биоэлектрическая активность клеток растений, переживающих стресс, может быть представлена тремя основными формами: потенциалом покоя (ПП), потенциалом действия (ПД) и возникновением вариабельного потенциала (ВП).

Целью работы являлся анализ возможности распространения вариабельного потенциала, индуцированного ожогом листа гороха, в

соответствии с электрической гипотезой. Задачи: определить зависимость скорости распространения и амплитуды ВП и расстояния от места нанесения раздражения; теоретический расчет скорости распространения ВП в соответствии с кабельным уравнением.

Потенциалы действия у растений представляют собой импульсную, распространяющуюся электрическую реакцию, возникающую в ответ на действие таких неповреждающих раздражителей, как импульсное и постепенное охлаждение, механическое воздействие, действие раствора KCl на корни или участок стебля без эпидермиса и др. [6, с. 23]. Фаза деполяризации ПД связана с возникновением входящего в клетку потока Ca^{2+} и выходящего потока Cl^- , а фаза реполяризации ПД – с выходящим из клеток потоком ионов K^+ . Вполне очевидна роль ПД у растений с быстрыми локомоторными функциями. У них распространяющийся ПД запускает цепь процессов, приводящих к механической реакции. Определенную роль ПД выполняют в репродуктивных органах высших растений. Показано, например, что при попадании пыльцы на пестик цветка в столбике пестика возникают биоэлектрические импульсы. В результате появляется завязь. ПД не возникают, если производить опыление пыльцой растения другого вида. Таким образом, под влиянием пришедших в завязь ПД, происходит подготовка к оплодотворению [1, с. 84].

Таблица. Сравнительная таблица ПД и ВП

Признаки сравнения	Потенциал действия	Вариабельный потенциал
Скорость распространения	0,5-2 см/с	0,1 – 10 мм/с
Продолжительность реакции	От десятых долей секунды до десятков секунд	До получаса
Причина возникновения реакции	Неповреждающее раздражение: импульсное и постепенное охлаждение, механическое воздействие, действие раствора KCl	Повреждающее раздражение: разрез, разрыв, разминание, химический и термический ожог
Скорость и амплитуда	Постоянные	Изменчивые
Период рефрактерности	Длительный (от десятков минут до часов)	Способен возникать в период абсолютной рефрактерности
Орган распространения	Стебель	Все растение

Вариабельный потенциал (ВП) является распространяющимся на значительные расстояния электрическим сигналом, который наряду с ПД может возникать у растений [1, с. 79]. Вариабельный потенциал отличается от ПД изменчивой формой и амплитудой, способностью возникать в период абсолютной рефрактерности после ПД и меньшей скоростью распространения. Он возникает в ответ на повреждающие стимулы: разрезы, разрывы, разминание, химические и термические ожоги и так далее.

У локомоторных растений ВП, как правило, сочетается с ПД [5, с. 44].

В настоящее время отсутствуют единые представления о механизмах распространения ВП. Можно выделить три основные гипотезы, объясняющие этот процесс: 1) ВП имеет электрический механизм распространения, то есть распространяется подобно ПД; 2) гидравлическая гипотеза предполагает, что ВП представляет собой местный электрический ответ, вызванный распространением гидравлической волны, возникающей в результате действия повреждающего фактора; 3) химическая гипотеза опирается на представления о наличии некого раневого вещества – фактора Рикка. Наиболее характерное качество ВП – способность проходить через мертвые растительные ткани, и даже через водный раствор, соединяющий полностью перерезанный стебель, тогда как ПД не обладают такой способностью [1, с. 80].

Чтобы изучить механизм генерации и распространения ВП, были проведены эксперименты на проростках гороха. Сам эксперимент проводили на растениях в возрасте 20-ти дней. Растение помещалось на специальную подставку с отверстиями для электродов. Внутрь отверстия для электрода помещали один конец хлопчатобумажной нити. Другой конец аккуратно оборачивали вокруг стебля растения. Отверстие заполняли раствором Хогланда-Арнона. Раствор приготавливается заранее. Из молярной массы солей в mM рассчитывалась масса в граммах по формуле нахождения количества вещества. Полученные массы солей добавляли в дистиллированную воду. Биоэлектрические реакции регистрировали внеклеточно при помощи хлорсеребряных (Ag/AgCl) макроэлектродов, трехканального высокомного усилителя (ИПЛ-113, «Семико», Россия) и ПК. Три измерительных электрода контактировали со стеблем растения на расстоянии 3 см друг от друга, электрод сравнения был погружен в омывающий корни раствор (рис. 1).

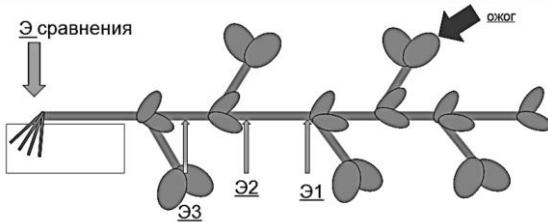


Рис. 1. Схема расположения электродов

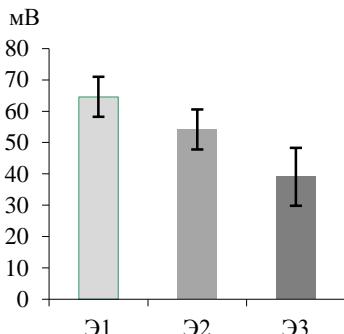


Рис. 2. Амплитуда ВП

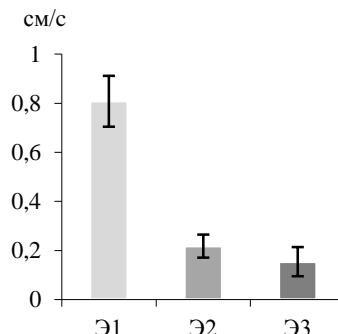


Рис. 3. Скорость распространения ВП

Как видно из рисунка 2, по мере удаления от зоны повреждения амплитуда ВП снижается.

На рисунке 3 резкое снижение скорости от первого электрода до второго связано, вероятно, с прохождением ВП через междоузлие проростка гороха. И далее мы также видим продолжение снижения скорости ВП по мере удаления от места нанесения ожога.

Чтобы проверить электрическую гипотезу, сравнивали экспериментально зарегистрированную скорость распространения ВП со скоростью, рассчитанной на основе кабельного уравнения:

$$v = \lambda * \sqrt{\frac{dV/dt}{V_{th} * C_m * R_m}},$$

где dV/dt – крутизна фронта импульса в момент достижения

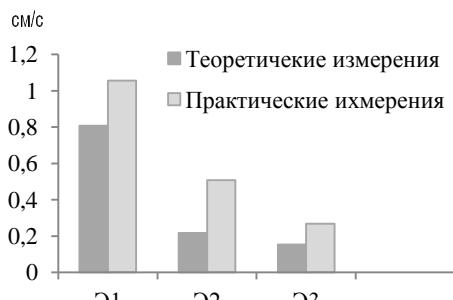


Рис. 4. Результаты сравнения

ния порога возбуждения, V_{th} – величина порога возбуждения, C_m – емкость мембранны, R_m – удельное сопротивление мембранны, λ – кабельная постоянная.

Скорость, рассчитанная на основании кабельного уравнения, оказалась намного выше скорости, зарегистрированной в ходе эксперимента (рис. 4).

Полученные результаты противоречат электрической гипотезе. В то же время экспериментально зарегистрированная скорость распространения ПД совпадает со скоростью, рассчитанной на основе кабельного уравнения. Это подтверждает тот факт, что механизм распространения у ПД и ВП различен. В дальнейших исследованиях механизмов генерации и распространения ВП можно рассмотреть остальные гипотезы, подтвердить их или опровергнуть.

Литература

1. *Воденеев В.А., Опритов В.А., Мысягин С.А., Пятыгин С.С.* Дистанционные электрические сигналы у растений. Учебно-метод. материалы по программе повышения квалификации «Хранение и обработка информации в биологических системах». – Н.Новгород: ННГУ. 2007. – 97 с.
2. *Воденеев В.А.* Механизмы генерации и функциональная роль потенциалов возбуждения у высших растений. Автореферат докторской диссертации. – М., 2009. – 42 с.
3. *Воробьев В.Н.* Практикум по физиологии и биохимии растений. Электрофизиология высших растений. – Казань, Казанский университет, 2013. – 32 с.
4. *Медведев С.С.* Электрофизиология растений. – СПб.: СПбГУ. 1998. – 122 с.
5. *Опритов В.А., Пятыгин С.С.* Биоэлектрогенез у высших растений. – М.: Наука, 1991. – 216 с.
6. *Сухов В.С., Неруш В.Н., Калинин В.А., Крауз В.О., Воденеев В.А.* Биоэлектрические явления: биоэлектрогенез у растений. Раздел большого практикума по биофизике: Учебно-методическое пособие. 2011. – 67 с.

Флуоресцентные молекулярные роторы на основе порфиразинов как сенсоры локальной вязкости

Коган Анна Александровна

10 класс, МАОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.Ю. Шилягина,
ассистент кафедры биофизики ННГУ им. Н.И.
Лобачевского, кандидат биологических наук



В работе исследованы роторные свойства фотосенсибилизатора тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразина, синтезированного в Институте металлоорганической химии им. Г.А. Разуваева (Нижний Новгород). Получены зависимости интенсивности сигнала флуоресценции порфиразина от концентрации сыворотки крови и глицерина в среде инкубации. С помощью микроскопии визуализации времени жизни возбужденного состояния получено подтверждение гипотезы о возможности использования порфиразина для мониторинга процесса фотодинамической терапии.

В настоящее время одним из наиболее перспективных методов лечения онкологических заболеваний является метод фотодинамической терапии, который основан на способности опухолевых клеток накапливать фотоактивные соединения (фотосенсибилизаторы). При передаче им энергии в виде кванта света в присутствии кислорода фотосенсибилизаторы могут запускать каскад окислительных реакций, которые вызывают разрушение опухолевых клеток.

К сожалению, в настоящее время не существует подходов к оценке эффективности проведенной фотодинамической терапии на ранних этапах лечения и, следственно, к оценке дозы светового воздействия, которая приводила бы к полному разрушению опухоли. Одним из решений данной проблемы может быть использование фотосенсибилизаторов – молекулярных роторов, флуоресцентные свойства которых изменяются в процессе гибели клетки. Это становится возможным благодаря тому, что вязкость внутриклеточной среды существенным образом возрастает в ходе фотодинамической реакции.

Таким образом, целью работы является изучение новых флуоресцентных молекулярных роторов на основе порфиразиновых

оснований для мониторинга процесса фотодинамической терапии. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- оценить принадлежность порфиразинов к классу флуоресцентных молекулярных роторов, определить зависимость изменения интенсивности флуоресценции от вязкости среды и концентрации сыворотки в среде;
- оценить возможность использования флуоресцентных молекулярных роторов для мониторинга фотодинамического процесса в эксперименте на клеточных культурах.

Термин «молекулярные роторы» относится к соединениям, молекулы которых состоят из нескольких фрагментов, способных вращаться друг относительно друга. Такое вращение может осуществляться за счет энергии внешнего воздействия, например, энергии поглощаемого кванта света. Отличительной чертой молекулярных роторов является сильная зависимость параметров флуоресценции от вязкости среды. Это связано с тем, что вызванное светом внутримолекулярное вращение затруднено в вязких средах. Известно, что вязкостные свойства внутриклеточной среды в процессе фотоиндуцированной смерти клеток существенно меняются, значит, предположительно, с помощью молекулярных роторов можно осуществлять мониторинг фотодинамического процесса в живом организме непосредственно в процессе воздействия.

Объектом исследования является соединение тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразин (далее порфиразин), синтезированное в Институте металлоорганической химии (Нижний Новгород).

Его структурная формула представлена на рисунке 1.

На основании ранее полученных данных о сильной зависимости квантового выхода флуоресценции исследуемого соединения от параметров среды, нами было сделано предположение о возможной принадлежности порфиразина к классу флуоресцентных молекулярных роторов. Для проверки этой гипотезы был выполнен ряд экспериментов.

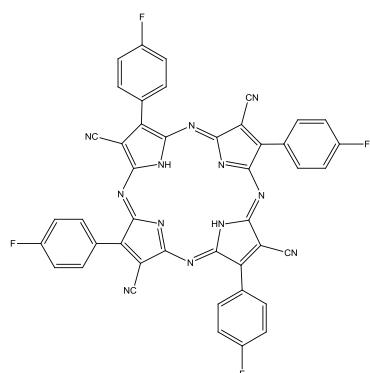


Рис. 1. Тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразин [pz(4FPh)₄(CN)₄]

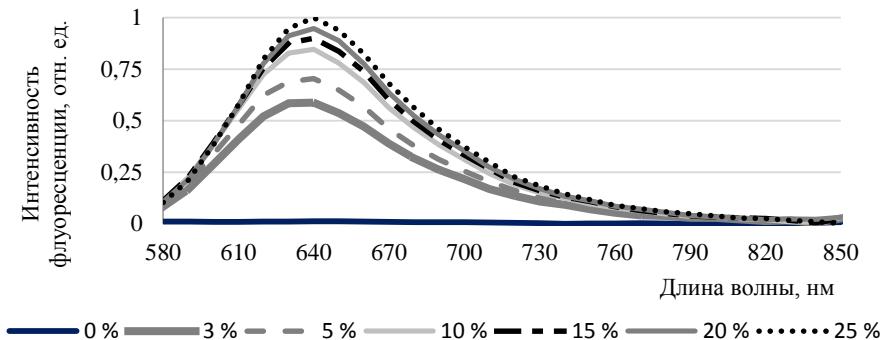


Рис. 2. Спектры флуоресценции порфиразина в среде с разной концентрацией белков. Возбуждение на 560 нм

Для исследования зависимости интенсивности флуоресценции от концентрации сыворотки в культуральной среде были приготовлены растворы с 0%, 3%, 5%, 10%, 15%, 20%-ным содержанием фетальной бычьей сыворотки крови (HyClone, США) в среде RPMI-1640 (ПанЭко, Россия). С помощью планшетного спектрофотометра-спектрофлуориметра Synergy MX (Biotek, США) были получены спектры флуоресценции для каждого из растворов при возбуждении флуоресценции на длине волны 560 нм (рис. 2). Далее для каждого из растворов рассчитывалась интегральная интенсивность флуоресценции порфиразина как площадь под кривой зависимости интенсивности флуоресценции от длины волны флуоресценции и сопоставлялась с концентрацией сыворотки в среде. График зависимости интегральной интенсивности флуоресценции порфиразина от концентрации сыворотки в среде представлен на рисунке 3. Хорошо видно, что с увеличением концентрации сыворотки в культуральной среде интенсивность флуоресценции возрастает. При этом положение максимума флуоресценции и ширина спектра сохраняются.

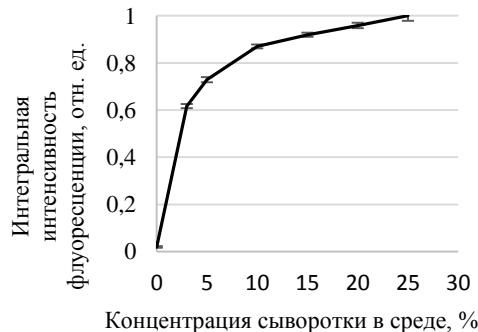


Рис. 3. Зависимость интегральной интенсивности флуоресценции порфиразина от концентрации сыворотки в среде

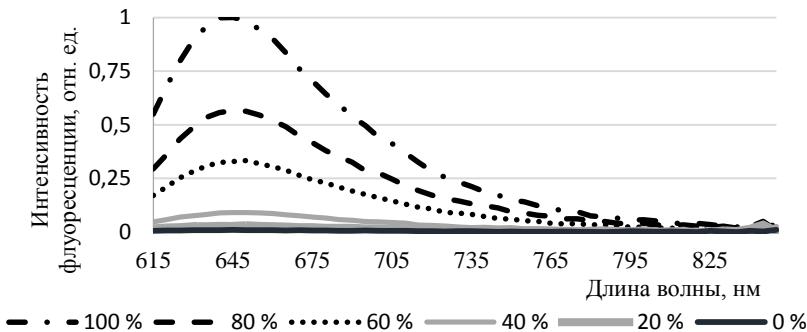


Рис. 4. Спектры флуоресценции порфиразина в растворе с разной концентрацией глицерина. Возбуждение на 595 нм

Аналогичный эксперимент был проведен с целью исследования зависимости интенсивности флуоресценции от процентного содержания глицерина в растворе. Были приготовлены растворы с 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%-ным содержанием глицерина в этиловом спирте. С помощью планшетного спектрофотометра – спектрофлуориметра Synergy MX (Biotek, США) были получены спектры флуоресценции для каждого из растворов при возбуждении флуоресценции на длине волны 595 нм (рис. 4). На графике, полученном по вышеописанному алгоритму, видно, что при увеличении процентного содержания глицерина в этанол-глицериновых растворах интенсивность флуоресценции порфиразина многократно возрастает (рис. 5).

Следующим этапом работы стала оценка возможности использования порфиразина для мониторинга фотодинамического процесса в режиме реального времени. Для этого с применением метода флуоресцентного имиджинга (fluorescence-lifetime imaging microscopy, FLIM) проводилась регистрация

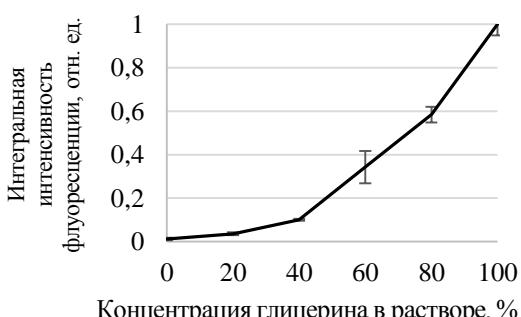


Рис. 5. Зависимость интегральной интенсивности флуоресценции порфиразина от концентрации глицерина в растворе

времени жизни возбужденного состояния порфиразина в клетке до и после фотодинамического воздействия.

Сначала, облучив клетки маленькой дозой света (не запускающей окислительную реакцию), мы получили контрольное изображение клеток до фотодинамического воздействия (рис. 6). Затем поле зрения было поделено на две части. Верхняя часть подверглась фотодинамическому воздействию в дозе 50 Дж/см² на длине волны 594 нм, а нижняя не подвергалась световому воздействию. Для оценки времени жизни возбужденного состояния порфиразина в клетке была получена серия изображений контрольного и опытного участков через 50, 70 и 90 минут (рис. 6). Хорошо видно, что уже через 50 минут после светового воздействия время жизни возбужденного состояния порфиразина в облученной зоне возрастет от ~250 пс до ~720 пс, что свидетельствует об изменениях состояния внутриклеточной среды и функционального состояния клетки.

Таким образом, роторные свойства порфиразина открывают совершенно новые перспективы в области исследования механизмов

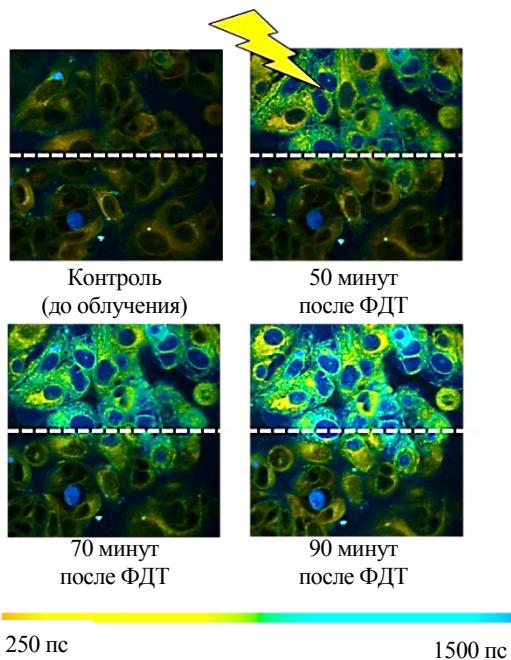


Рис. 6. Изображения клеток MCF7 через разные промежутки времени после ФДТ, сенсибилизированного 5 мкМ порфиразина.

Метод FLIM. Возбуждение 800 нм, регистрация сигнала 600–750 нм. Размер изображений 143x143 мкм. Фотодинамическое воздействие 594 нм, доза облучения 50 Дж/см².

Облученный (сверху) и необлученный участки разделены пунктиром. При получении изображений использована псевдоцветовая палитра, которая отражает среднее время жизни возбужденного состояния порфиразина в каждой точке

ответа клетки на фотодинамическое воздействие, позволяя с помощью измерения времени жизни возбужденного состояния фотосенсибилизатора определять изменение внутриклеточной среды, которая, в свою очередь, коррелирует с функциональным состоянием клетки.

Выводы

1. Интенсивность флуоресценции и время жизни возбужденного состояния порфиразина существенно зависят от концентрации глицерина в растворе и присутствия в среде белков сыворотки крови, что может быть объяснено принадлежностью этого соединения к классу флуоресцентных молекулярных роторов.

2. Сочетание свойств фотосенсибилизатора и флуоресцентного молекулярного ротора для порфиразина позволяет осуществлять контроль проведения процесса фотодинамической терапии в живых клетках по изменению времени жизни его возбужденного состояния.

Литература

1. Странадко Е.Ф. Исцеляющий свет // Наука и жизнь. 2002, № 3. С. 14 – 19.
2. Ужинов Б.М., Иванов В.Л., Мельников М.Я. Молекулярные роторы – люминесцентные сенсоры локальной вязкости и вязкого течения в растворах и организованных системах // Успехи химии. 2011. Т. 80. № 12. С. 1231 – 1243.

Разработка чувствительного элемента детектора наличия флуорофора в биоткани

Краснокутский Артем Иванович

9 класс, МАОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель П.А. Шилягин,
старший научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук



Предложен способ определения наличия фотосенсибилизатора в биологической ткани. На основе этого способа разработана схема чувствительного элемента детектора наличия флуорофора в ткани.

В нейрохирургии часто проводятся операции по удалению опухоли. В ходе таких операций возникает необходимость определения статуса ткани (здоровая ткань – опухоль). В этом хирургам иногда помогает фотосенсибилизатор – вещество, избирательно накапливающееся в опухоли и обладающее способностью светиться в определенном спектральном диапазоне при облучении светом (флуоресценция). Кроме того, фотосенсибилизатор используется для уничтожения мелких остатков опухоли, поскольку при облучении светом может служить источником цитотоксических агентов. Такая процедура носит название «фотодинамическая терапия» или ФДТ.

Одним из таких препаратов, используемых в нейрохирургических операциях в НИИ травматологии и ортопедии (Нижний Новгород, ННИИТО), является фотодитазин.

Несмотря на то, что поглощение препарата (рис. 1) в фиолетовой области (пик на 402 нм) гораздо выше, чем в красной (662 нм), для операции фиолетовый свет не используют, поскольку он плохо

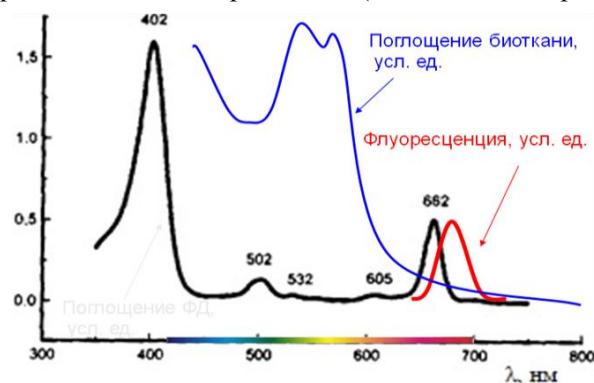


Рис. 1. Спектр поглощения и излучения фотодитазина

проникает в биологические ткани. Зато в ткань хорошо проникает красный свет, и, благодаря наличию пика поглощения в красной области спектра, препарат может быть использован для ФДТ. Однако, несмотря на то, что красный свет хорошо поглощается фотосенсибилизатором и проходит через ткани, кусочки опухоли среднего размера (линейный размер 0,2 – 1 мм), которые трудно различимы глазом, не разрушаются по ряду причин (обугливание внешней оболочки, что делает ее непрозрачной для света; общее ослабление и рассеяние света с глубиной). Это обуславливает то, что ФДТ эффективна против совсем маленьких не удаленных фрагментов опухоли, а фрагменты промежуточного размера должны удаляться вручную.

Наша задача заключалась в создании устройства для регистрации излучения (флуоресценции) препарата фотодитазин, то есть для обнаружения препарата в биоткани, а значит, и фрагментов самой опухоли.

Самым легким способом обнаружения фотосенсибилизатора является пропускание излученного от ткани света через стеклянный светофильтр. Однако эксперимент с цветными стеклами (в частности, ОКС-14) показал, что несмотря на заявленные высокие характеристики, препарат не отсеивает свет фиолетового цвета, а изменяет его на красный, что, возможно, обусловлено процессами флуоресценции красителя в стекле.

Поэтому после осуществления предварительного эксперимента было решено использовать дифракционную решетку, геометрически разводящую пучки излучения с разными длинами волн. В этом случае хирургическая часть детектора может быть изготовлена из оптического волокна, а блок анализа (спектрометр, источник излучения и монитор) можно разместить на удалении от операционного стола. Регистратор свечения размещается после дифракционной решетки в то место, куда после дифракции падает луч света нужного нам спектра.

Для расчета оптической схемы были использованы спектры флуоресценции фотодитазина в составе клеточной культуры (нейронов), максимум флуоресценции которого был зарегистрирован на длине волны 670 нм.

Для проектирования была выбрана дифракционная решетка с частотой штрихов 1200 линий на мм – максимально высокой для доступных коммерческих решеток, предназначенных для работы в нашем спектральном диапазоне. Для повышения КПД решетки угол падения выбирался равным углу дифракции излучения флуоресцен-

ции (дифракция в «минус первый» порядок, другие порядки дифракции невозможны).

Для оценки возможных геометрических параметров спектрометра был построен опорный рисунок. На рисунке методом геометрического построения были определены возможные параметры фокусных расстояний и поперечных размеров для оптических элементов спектрометра. По результатам расчетов была построена оптическая схема спектрометра, представленная на рисунке 2, на которой черными линиями показаны покупные элементы (видеокамера, коллимирующая линза и волоконный адаптер), цветными линиями – детали, требующие изготовления и настройки.

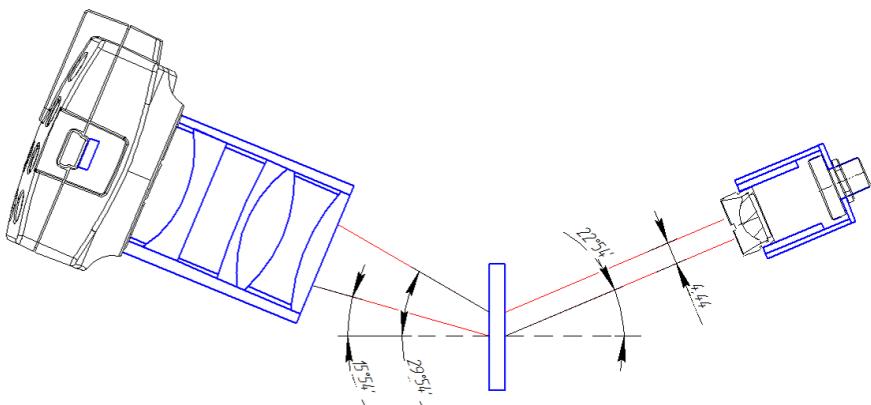


Рис. 2. Схема спектрометра

Объектив спектрометра в соответствии с определенными требованиями был спроектирован другими участниками проекта. В соответствии с построенной моделью на базе опытного производства ИПФ РАН изготовлены корпусные детали спектрометра.

В эксперименте показана возможность регистрации наличия сигнала флуоресценции в пористой структуре (черный поролон), заполненной фотосенсибилизатором, с применением волоконного зонда (рис. 3) и возбуждающего излучения с длиной волны 405 нм. Для калибровки спектрометра использовалось излучение лазера с центральной длиной волны 650 нанометров. Изображение спектра лазерного излучения представляет собой набор отдельных увеличенных изображений торцов сигнальных волокон (по которым излуче-

ние флуоресценции поступает от объекта исследования), расположенных вдоль наиболее длинной стороны фотоприемной матрицы (рис. 3, правая часть). Спектрометр настраивается таким образом, чтобы регистрировалось только излучение, имеющее длину волны большую, чем длина волны калибровочного лазера (максимум флуоресценции препарата фотодитазин находится на длине волны 670 нм), при этом длина волны на изображении в спектрометре увеличивается к нижней части изображения. На левой части рисунка 3 изображение имеет характерную сглаженную форму, что обусловлено относительно большой шириной полосы спектра флуоресценции препарата.

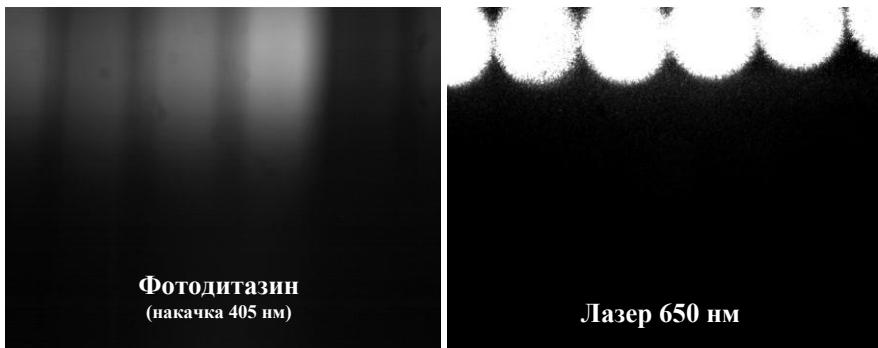


Рис. 3. Излучение фотосенсибилизатора и лазера 650 нм при регистрации с использованием разработанного спектрометра

Заключение

В ходе работы предложен способ определения наличия фотосенсибилизаторов в биоткани. На основе этого способа создана схема чувствительного элемента детектора, показывающего наличие флуорофора в ткани, возможность которого подтверждена экспериментально.

Литература

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 т. Т. IV. Оптика. – М.: Физматлит, 2005. – 792 с.
2. Фотодитазин [Электронный ресурс].
http://www.alcommmedica.ru/info/liter/stati/fotodinamicheskaya_terapiya/Fotoditasin.html.

Влияние различных концентраций азотобактера на состояние проростков пшеницы

Соколов Илья Сергеевич

8 класс, МАОУ лицей № 38, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Е.А. Ерофеева,
доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
кандидат биологических наук



В работе изучено влияние малых концентраций азотобактера (меньших, чем рекомендуемые для обработки семян пшеницы) на всхожесть семян пшеницы, массу корневой системы и побега семидневных проростков, а также интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в листе растений. Изученные концентрации азотобактера не влияли на интенсивность ПОЛ в листе пшеницы, что указывает на отсутствие стресса у растений и, за исключением наименьшей концентрации, увеличивали биомассу корневой системы и побега проростков по сравнению с контролем. При этом все изученные концентрации азотобактера снижали всхожесть семян на 30% по сравнению с контролем.

Препараты, содержащие азотобактер, в настоящее время все чаще используются для обработки семян различных растений с целью повышения всхожести и интенсификации роста. Эффект подобных препаратов основан на симбиотических отношениях между азотобактером и растением [2]. Известно, что «малые дозы» различных физических и химических факторов могут быть эффективными и вызывать немонотонное изменение состояния организма у животных и растений [1]. Может ли подобное явление наблюдаться для биотических отношений между разными видами, в частности для симбиоза растения и бактерии, является актуальным вопросом для развития теоретических представлений факториальной экологии. В настоящее время исследователи основное внимание уделяют дозам препаратов на основе азотобактера, близким к рекомендуемым для обработки семян. Влияние на растения малых доз данных препаратов (в десятки раз меньших, чем используемые дозы) изучено недостаточно. Целью работы является изучение влияния малых концентраций азотобактера на рост и развитие пшеницы.

Материалы и методы. Азотобактер (*Azotobacter chroococcum*, штамм № 4) был предоставлен сотрудниками кафедры молекулярной

биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского. В эксперименте растения были поделены на 4 группы: 3 – опытные и 1 – контрольная. В каждой группе семена пшеницы помещали в 5 чашек Петри на фильтровальную бумагу (50 семян в одну чашку). В опытных группах в чашки наливали по 0,5 мл раствора, содержащего разное количество клеток азотобактера и 10 мл питательного раствора Кнопа. В чашки контрольной группы наливали по 10,5 мл раствора Кнопа. Каждые 2 дня добавляли по 10 мл раствора Кнопа в чашки опытных и контрольной групп. Через семь суток определяли показатели проростков пшеницы и всхожесть семян. Корневую систему и побег проростков взвешивали на лабораторных весах ADAM NBC 123 с точностью до 1мг. В каждой группе взвешивали корневую систему и побеги тридцати растений ($n = 30$). Интенсивность ПОЛ оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА) [4]. Для статистической обработки первичных данных использовали программы «Биостатистика» и «Microsoft Excel». Проверку нулевой гипотезы о равенстве выборочных параметров для количественных признаков осуществляли, используя непараметрические критерии Крускала-Уоллиса и Ньюмана-Кейлса. Аналогичную процедуру для качественного признака (всхожесть) проводили с помощью критерия хи-квадрат.

Результаты и их обсуждение. Мы обнаружили, что все концентрации азотобактера снижали всхожесть семян на 30% по сравнению с контролем (рис. 1).

Две наибольшие концентрации из изученных нами вызывали увеличение биомассы как корневой системы проростков, так и их побегов по сравнению с этими же показателями у растений контрольной группы (рис. 2 – 3).

Известно, что азотобактер снабжает растения азотом в форме иона аммония. Азотобактер вызывал уве-

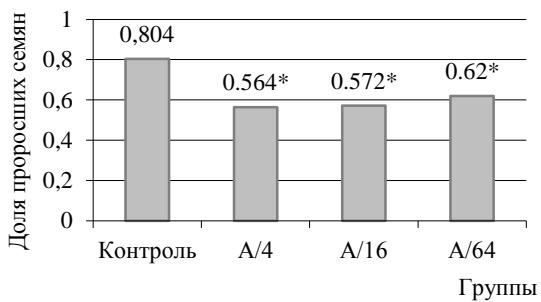


Рис. 1. Влияние азотобактера на всхожесть семян пшеницы

Примечание: * – отличается от контроля при $p < 0.05$. A – рекомендованная для обработки семян пшеницы концентрация клеток азотобактера (10^9 кл/мл)

личение роста растений опытных групп. Однако наименьшая концентрация не оказывала такого эффекта. По-видимому, в раствор вносили слишком мало клеток этой бактерии и она не могла конкурировать с другими микроорганизмами за место на поверхности корневой системы проростков. Мы обнаружили, что все изученные концентрации азотобактера не влияли на интенсивность ПОЛ в листе проростков пшеницы (данные не представлены на рисунках). Поэтому можно сделать вывод о том, что эти концентрации не вызывали стрессового состояния у проростков, которое всегда сопровождается усилением процесса ПОЛ [3].

Заключение

1. Изученные концентрации азотобактера не влияли на содержание МДА в листе пшеницы, что указывает на отсутствие стресса у растений.
2. Все концентрации, за исключением наименьшей, увеличивали биомассу корневой системы и побегов проростков по сравнению с контролем.

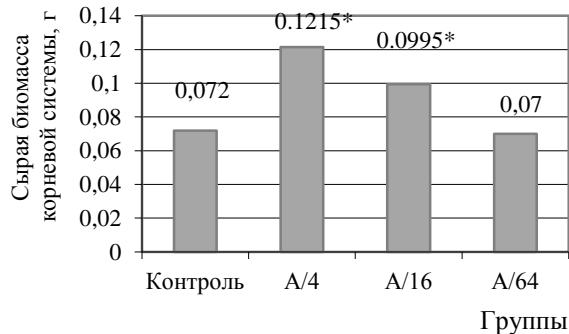


Рис. 2. Влияние азотобактера на биомассу

корневой системы проростков пшеницы

Примечание: * – отличается от контроля при $p < 0.05$. А – рекомендованная для обработки семян пшеницы концентрация клеток азотобактера (10^9 кл/мл)

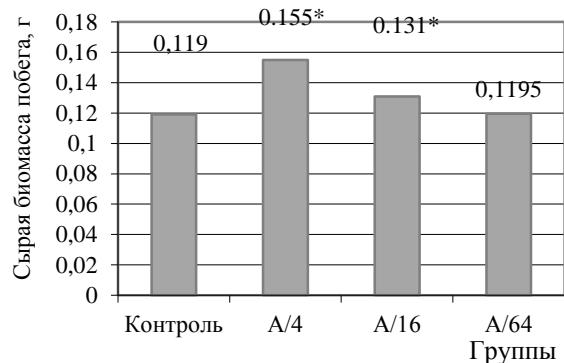


Рис. 3. Влияние азотобактера на биомассу побега проростков пшеницы

Примечание: * – отличается от контроля при $p < 0.05$. А – рекомендованная для обработки семян пшеницы концентрация клеток азотобактера (10^9 кл/мл)

3. Все изученные концентрации азотобактера снижали всхожесть семян на 30% по сравнению с контролем.

Таким образом, мы обнаружили положительное влияние всех изученных концентраций азотобактера, кроме наименьшей, на рост пшеницы. Однако эти же концентрации несколько снижали всхожесть семян. Возможно, увеличение биомассы проростков в дальнейшем компенсирует снижение всхожести и будет наблюдаться увеличение урожайности пшеницы, но этот вопрос требует дальнейшего исследования. Если действительно урожайность будет увеличиваться, то можно будет снизить объем культуры азотобактера, используемой для обработки семян. Это значительно уменьшит стоимость такой обработки, поскольку затраты на получение 1 литра культуры азотобактера составляют около 4 тыс. рублей. Мы не обнаружили немонотонного изменения изученных показателей при уменьшении концентрации азотобактера.

Литература

1. Булатов В.В., Хахаев Т.Х., Дикий В.В., Заонегин С.В., Бабин В.Н. Проблема малых и сверхмалых доз в токсикологии. Фундаментальные и прикладные аспекты. // Российский химический журнал, 2002. Т.XLVI. № 6. С. 58 – 62.
2. Моргун В.В., Коць С.Я., Кириченко Е.В. Ростостимулирующие ризобактерии и их практическое применение // Физиология и биохимия культурных растений. 2009. Т.41. № 3. С. 187 – 207.
3. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.
4. Стальная И.Д., Гаршишвили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии / Под ред. В.Н. Ореховича. – М.: Медицина, 1977. С. 66 – 68.

Влияние малых концентраций гербицида «Глифоса» на физиологобиохимические показатели проростков пшеницы

Яковлева Валентина Романовна

8 класс, МАОУ лицей № 28, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Е.А. Ерофеева,
доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
кандидат биологических наук



В работе изучено влияние малых концентраций гербицида на основе глифосата на рост и развитие пшеницы. Определяли всхожесть семян, массу корневой системы и побегов, а также интенсивность перекисного окисления липидов (ПОЛ) в листе семидневных растений после хронического воздействия гербицида в течение семи суток. Изученные концентрации гербицида не влияли на всхожесть семян пшеницы и массу побегов. Наименьшая из изученных концентраций гербицида увеличивала массу корневой системы и снижала интенсивность ПОЛ по сравнению с контролем. Остальные концентрации не влияли на данные показатели.

Гербициды на основе глифосата занимают первое место в мире по производству и находят широкое применение в борьбе с двудольными и однодольными сорнями растениями. После обработки они могут сохраняться в почве в течение месяца и более [2]. В связи с этим актуальным является изучение влияния данных гербицидов на состояние культурных растений, которые высеваются на территориях, подвергнутых обработке. В настоящее время исследователи основное внимание уделяют дозам гербицидов, близким к рекомендуемым для обработки против сорных растений. Влияние на культурные растения малых доз данных поллютантов (в десятки раз меньших, чем используемые дозы), наиболее часто присутствующих в почве, изучено недостаточно. В связи с этим целью работы было изучение малых концентраций гербицида на основе глифосата на рост и развитие пшеницы.

Материалы и методы. В эксперименте изучали влияние различных малых концентраций глифосата (в десятки раз меньших смертельных концентраций) в составе гербицида «Глифоса» на состояние проростков пшеницы и всхожесть семян. Всего было 4 группы: 3 – опытные и 1 – контрольная. В каждой группе семена пшеницы по-

мешали в пять чашек Петри на фильтровальную бумагу (50 семян в одну чашку). В опытных группах в чашки наливали растворы глифосата с различными концентрациями ($2 \cdot 10^{-6}$; $2 \cdot 10^{-5}$; $2 \cdot 10^{-4}$ г/л), соответствующими содержанию этого соединения в почве после обработки [2], для приготовления растворов использовали дистиллированную воду. В чашки контрольной группы наливали только дистиллированную воду. В каждую чашку наливали по 10 мл раствора гербицида или воды. Каждые два дня добавляли по 10 мл раствора гербицида или воды в чашки соответствующих групп. Через семь суток определяли показатели проростков пшеницы и всхожесть семян. Для определения всхожести семян подсчитывали количество проросших семян в данной группе и делили на общее количество семян в этой группе. Для определения сырой биомассы корневую систему и побеги проростков взвешивали на лабораторных весах ADAM NBC 123 с точностью до 1мг. В каждой группе всего было взвешено по 30 побегов и корневых систем ($n=30$). Интенсивность ПОЛ оценивали по содержанию малонового диальдегида (МДА) [4]. Для статистической обработки первичных данных использовали программы «Биостатистика» и «Microsoft Excel». Проверку нулевой гипотезы о равенстве выборочных параметров для количественных признаков осуществляли, используя непараметрические критерии Крускала-Уоллиса и Ньюмана-Кейлса. Аналогичную процедуру для качественного признака (всхожесть) проводили с помощью критерия хи-квадрат.

Результаты и их обсуждение. В эксперименте не было выявлено влияния изученных концентраций гербицида на всхожесть семян пшеницы (рис. 1).

Нами было установлено, что только одна из изученных концентраций гербицида ($2 \cdot 10^{-6}$ г/л) оказывала влияние на биомассу, но только в отношении корневой системы. Наблюдалось увеличение биомассы корневой системы по сравнению

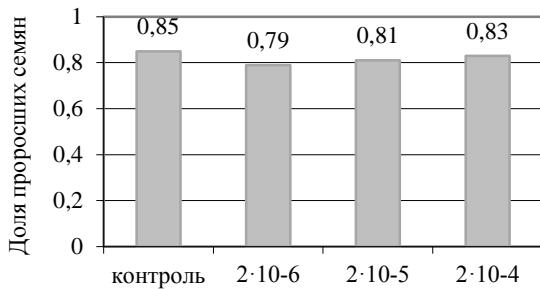


Рис. 1. Влияние гербицида «Глифоса» на всхожесть семян пшеницы

с контролем, а также остальными опытными группами (рис. 2). При этом биомасса побегов не изменилась (данные не представлены на рисунках). Возможно, что гербицид не поступал в побег, поэтому оказывал влияние только на корневую систему.

Нами было установлено, что только наименьшая из изученных концентраций гербицида оказывала влияние на интенсивность ПОЛ и вызывала снижение этого показателя по сравнению с контролем и остальными опытными группами (рис. 3).

Известно, что при стрессе интенсивность ПОЛ увеличивается [4]. Однако мы наблюдали противоположный эффект наименьшей концентрации гербицида. Таким образом, вместо токсического эффекта гербицида мы обнаружили положительное воздействие наименьшей из изученных концентраций на биомассу корневой системы и интенсивность ПОЛ. Явление, при

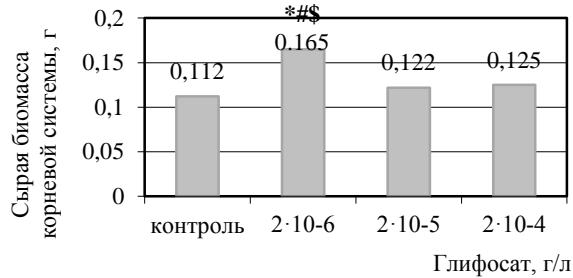


Рис. 2. Влияние гербицида «Глифоса» на биомассу корневой системы проростков пшеницы
Примечание: * – статистически значимые различия по сравнению с контролем; # – статистически значимые различия по сравнению с концентрацией гербицида $2 \cdot 10^{-5}$ г/л; \\$ – статистически значимые различия по сравнению с концентрацией гербицида $2 \cdot 10^{-4}$ г/л при $p < 0.05$

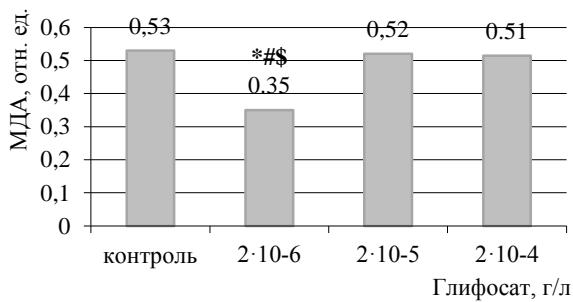


Рис. 3. Влияние гербицида «Глифоса» на интенсивность ПОЛ в листе проростков пшеницы
Примечание: * – статистически значимые различия по сравнению с контролем; # – статистически значимые различия по сравнению с концентрацией гербицида $2 \cdot 10^{-5}$ г/л; \\$ – статистически значимые различия по сравнению с концентрацией гербицида $2 \cdot 10^{-4}$ г/л при $p < 0.05$

котором низкие дозы ядовитого вещества положительно влияют на растения или животных, называется гормезисом [1]. В данном случае мы столкнулись с явлением гормезиса при действии малых концентраций гербицида «Глифоса».

Заключение

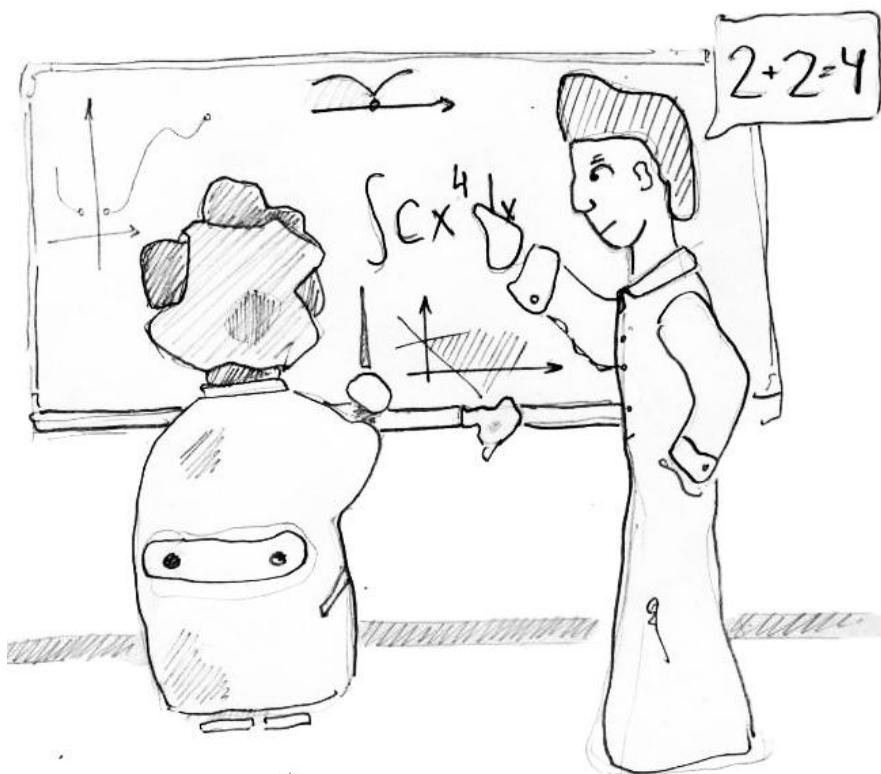
1. Изученные концентрации гербицида «Глифоса» не влияли на всхожесть семян пшеницы.
2. Наименьшая из изученных концентраций гербицида «Глифоса» увеличивала биомассу корневой системы по сравнению с контролем. Остальные концентрации не влияли на данный показатель.
3. Изученные концентрации гербицида «Глифоса» не влияли на биомассу побега проростков пшеницы.
4. Наименьшая из изученных концентраций гербицида «Глифоса» уменьшала интенсивность ПОЛ в листе проростков пшеницы по сравнению с контролем. Остальные концентрации не влияли на данный показатель.

Нами показано, что низкие концентрации гербицида «Глифоса» могут вызывать явление гормезиса, оказывая положительное воздействие на рост корневой системы и интенсивность ПОЛ. Результаты работы могут практически применяться для прогнозирования последствий загрязнения окружающей среды низкими концентрациями гербицидов на основе глифосата (в десятки раз меньших смертельных концентраций). Возможным направлением дальнейших исследований может быть анализ влияния большего количества концентраций гербицида на состояние не только проростков пшеницы, но и других видов культурных растений, а также насекомых (лабораторной популяции дрозофилы).

Литература

1. Булатов В.В., Хахаев Т.Х., Дикий В.В., Заонегин С.В., Бабин В.Н. Проблема малых и сверхмалых доз в токсикологии. Фундаментальные и прикладные аспекты. // Российский химический журнал, 2002. Т.XLVI. № 6. С. 58 – 62.
2. Кузнецова Е.М., Чмиль В.Д. Глифосат: поведение в окружающей среде и уровни остатков. // Современные проблемы токсикологии, 2010. № 1. С. 85 – 95.
3. Полесская О.Г. Растительная клетка и активные формы кислорода. – М.: КДУ, 2007. – 140 с.
4. Стальная И.Д., Гаршишили Т.Г. Метод определения малонового диальдегида с помощью тиобарбитуровой кислоты // Современные методы в биохимии / Под ред. В. Н. Ореховича. – М.: Медицина, 1977. С. 66 – 68.

Прикладная информатика и математика



Создание интерактивной карты «География «Центра одаренных детей»

Галчина Анна Сергеевна

11 класс, ГБОУ лицей-интернат
«Центр одаренных детей», Нижний Новгород

Научный руководитель О.В. Кузина,
учитель информатики ГБОУ лицея-интерната «Центр одаренных детей»



Работа посвящена исследованию информационных ресурсов и технологий создания интерактивной карты «География «Центра одаренных детей» и размещения ее на сайте. Проведен обзор некоторых ресурсов и подробно описаны этапы реализации собственных проектов в GoogleMaps и Heganoо. Была создана динамическая web-страница с помощью языка разметки гипертекста HTML, языка программирования JavaScript и библиотеки jQuery. Полученная интерактивная карта основана на технологии геоинформационных систем (ГИС). На карте размещены следующие геообъекты: метки, всплывающие подсказки, информационные окна.

Интерактивная карта – это электронная карта, которая работает в режиме двустороннего диалогового взаимодействия человека (пользователя) и компьютера и представляет собой визуальную информационную систему. Такой картой можно управлять, то есть перемещаться по ней, искать более подробную информацию по интересующему объекту, приближать и удалять географические точки и т.д.

Сфера применения интерактивных карт очень разнообразны: поиск объекта на карте, оптимального маршрута в качестве рекламного инструментария, эффектное и наглядное отображение информации.

Целью работы было создание интерактивной карты «География «Центра одаренных детей» для размещения ее на сайте лицея. Предметом исследования стали информационные ресурсы и технологии для создания интерактивной карты «География «Центра одаренных детей».

Для реализации проекта были использованы следующие методы исследования – системно-информационный анализ, информационное моделирование.

В начале работы были изучены некоторые ресурсы, позволяющие создавать интерактивные карты, и первая попытка реализации проекта была осуществлена в GoogleMaps. Для этого потребовалось собрать информацию о лицеистах, районах и школах, из которых

они приехали, и систематизировать ее в электронной таблице. Также были подобраны гербы районов, которые служат метками на карте. В процессе работы выяснилось, что данный ресурс не позволяет создавать более десяти пользовательских слоев на карте, а необходимо было 42, так как именно из 42 районов Нижегородской области приехали лицеисты в «Центр одаренных детей».

При дальнейшей работе над проектом была создана карта в Ne-ganoo. Это бесплатный сервис на основе GoogleMaps, который позволяет создавать собственные интерактивные карты событий. Здесь нет слоев, но зато предоставлено большое количество меток. Метками служат районы Нижегородской области, из которых приехали лицеисты. При нажатии на метку карта приближается к выбранному объекту и появляется информационное окно, где указаны школы и ученики, ранее там обучавшиеся.

Для реализации поставленной цели была также создана динамическая web-страница с помощью языка разметки гипертекста HTML, языка программирования JavaScript и библиотеки jQuery, которая осуществляет взаимодействие HTML и JavaScript. Подключение такой библиотеки необходимо для осуществления интерактивности карты.

География "Центра одаренных детей"

Все
Ардатовский район
Арзамас
Балахнинский район
Богородский район
Большемуромский район
Борский район
Вадский район
Вачский район
Ветлужский район
Вознесенский район
Володарский район
Воскресенский район
Воротынский район
Выксус
Гагинский район
Городецкий район
Дальнеолигинский район
Дзержинск
Дивеевский район
Кингисеппский район
Коверинский район
Краснобаковский район
Кстовский район
Кулебакский район
Лукояновский район
Лысковский район
Навашинский район
Павловский район
Первомайский район
Пильнинский район
Починковский район
Семёновский район
Сергачский район

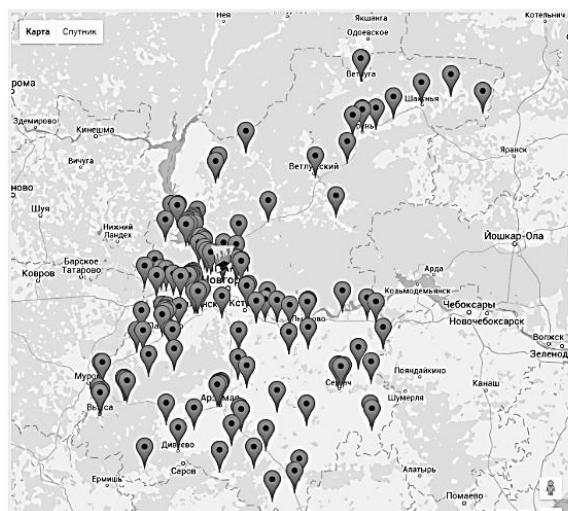


Рис. Интерактивная карта «География «Центр одаренных детей» с помощью HTML и Java Script

Интерактивная карта «География «Центра одаренных детей» основана на технологии геоинформационных систем (ГИС), то есть пользователь видит только ту ее часть, которая интересует его в данный момент. На карте размещены следующие геообъекты: метки, всплывающие подсказки, информационные окна.

Названия районов Нижегородской области представлены на карте в виде ненумерованного списка. Первоначально на карте отображаются метки всех образовательных организаций. При выборе района и клике по нему карта смещается в выбранный район, и на ней отображаются метки образовательных организаций только этого района. При наведении курсора на метку появляется всплывающая подсказка с названием образовательной организации и ее точным адресом. При щелчке по метке возникает информационное окно, в котором записаны фамилии и имена лицеистов, обучавшихся ранее в данной школе.

Вся представленная на карте информация хранится в хэш-массиве, ключами в котором являются названия районов, а элементами – массивы с информацией о точках на карте (название, координаты и адрес школы, фамилия, имя лицеиста). Для того чтобы при выборе района карта позиционировалась на данном районе и на ней отображались только нужные метки, были созданы два вспомогательных массива: массив с координатами прямоугольника, содержащего все точки для каждого района, и массив маркеров района.

Скрытие на карте маркеров невыбранного района осуществляется с помощью установки для них значения прозрачности, равного 0, то есть эти маркеры становятся абсолютно прозрачными.

Для обработки событий наведения курсора на объект на карте и клика мыши, а также для заполнения вспомогательных массивов использовались методы библиотеки jQuery.

Результат – интерактивная карта «География «Центра одаренных детей» создана и размещена на сайте образовательной организации.

Литература

1. Прохоренок Н.А., Дронов В.А. HTML, JavaScript, PHP и MySQL. Джентльменский набор Web-мастера. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. – 768 с.

Исследование свойств «Листа Мебиуса»

Горшенкова Анастасия Сергеевна

8 класс, МАОУ Гагинская СШ

Научный руководитель Т.В. Шестакова,
учитель математики МАОУ Гагинская СШ



В ходе математического исследования оказалось, что, разрезая лист Мебиуса на четное число полос, получаются только большие кольца, а если на нечетное – большие и маленькие. Изучением таких явлений занимается новая наука – топология.

Мы начинаем изучать геометрию с таких понятий, как точка, прямая, отрезок, луч, угол, как они могут быть расположены относительно друг друга, какими свойствами обладают, где применяются. И уже привыкли, что эти геометрические фигуры изображаются на плоскости (листе бумаги, школьной доске). Меня заинтересовало, какие фигуры существуют в окружающем нас пространстве?

В последнее столетие большое влияние на различные области знания приобрела топология – раздел математики, изучающий топологические свойства фигур, то есть свойства, не изменяющиеся при любых деформациях, происходящих без разрывов и склеиваний. Топологию также называют «резиновой» геометрией.

Цель работы – исследовать топологический объект «Лист Мебиуса», оценить его свойства и показать применение в различных сферах жизни.

«Лента Мебиуса» была обнаружена независимо немецкими математиками Августом Фердинандом Мебиусом и Иоганном Бенедиктом Листингом в 1858 году. «Лист Мебиуса» – это простейшая односторонняя поверхность с краем. Попасть из одной точки этой поверхности в любую другую можно, не пересекая края. Свойства листа Мебиуса: односторонность, непрерывность, связность.

Мы провели опрос учащихся 7 – 8-х классов с целью выяснения понимания словосочетания «Лист Мебиуса». Ответ, близкий к правильному – «спираль», дали лишь 27 % учащихся.

Для изготовления «Листа Мебиуса» мы взяли полоску бумаги и склеили ее концы, предварительно повернув один из них на 180 ° (рис. 1). Удобно работать с лентами, у которых длина в 4 раза боль-

ше ширины. При разрезании «Листов Мебиуса», склеенных из более узких лент, получатся слишком тонкие «кольца».

Что получится, если начать закрашивать лист Мебиуса с одной стороны, не переходя через край, какая часть ленты окажется закрашенной? Постепенно окрашиваем «Лист Мебиуса», начиная с любого места. В результате весь лист полностью был окрашен. *Вывод:* «Лист Мебиуса» – односторонняя поверхность.

Что произойдет с обычным кольцом, если его разрезать вдоль посередине? Возьмем кольцо, склеенное из полоски бумаги, и разрежем его. В результате получим два отдельных обычных кольца. Длина окружности та же, но кольца в два раза уже исходного. А если разрезать посередине на две полоски «Лист Мебиуса»? В результате получаем одно кольцо. Оно дважды перекручено, вдвое длиннее исходного, но и в два раза уже.

Каков результат разрезания «Листа Мебиус» на три полоски? Для ответа на этот вопрос на обеих сторонах ленты на равном расстоянии от краев проводим по две пунктирные линии, склеиваем «Лист Мебиуса» и разрезаем его по пунктирным линиям на три полоски. В результате получается два кольца. Одно из них вдвое длиннее первоначальной ленты и вдвое перекручено. Одно получилось из краев исходной ленты, другое состоит из центральной части исходного «Листа Мебиуса».

Каков результат разрезания «Листа Мебиуса» на четыре полоски? Возьмем ленту шириной 4 см, на которой нанесен пунктиир, отступив от края на 1 см, 2 см, 3 см. Сделаем из нее «Лист Мебиуса» и разрежем его по пунктиру на 4 полоски. В результате получим два больших кольца (рис. 2).

Возьмем ленту шириной 5 см, на которой нанесен пунктиир, отступив от края на 1 см, 2 см, 3 см и 4 см. Сделаем из нее «Лист Мебиуса» и разрежем его по пунктиру на пять полосок. В результате получим три кольца: I – «Лист Мебиуса» – 1 перекрут шириной 1 см, длина равна длине исходного



Рис. 1. Лист Мебиуса



Рис. 2. Результат разрезания листа Мебиуса на четыре полоски



Рис. 3. Результат разрезания листа Мебиуса на пять полосок

кольца. II, III – кольца с двумя перекрутами шириной 1 см, длина в 2 раза больше исходного листа. II и III кольцо сцеплены с I кольцом и между собой (рис. 3).

Если возьмем ленту шириной 6 см, нанесем пунктир, сделаем из нее «Лист Мебиуса» и разрежем его по пунктиру на шесть полосок, то получим три больших кольца.

В результате проведенных экспериментов мы заметили, что, разрезая «Лист Мебиуса» на четное число полос, получаем только большие кольца, а если на нечетное – большие и маленькие.

Таблица. Результаты экспериментов

Количество полосок, на которые разрезан «Лист Мебиуса»	2	3	4	5	6
Большие кольца	1	1	2	2	3
Маленькие кольца	0	1	0	1	0

Свойства «Листа Мебиуса» важно знать, так как он находит широкое применение в жизни. Во многих матричных принтерах красящая лента имеет вид «Листа Мебиуса» для увеличения ее ресурса. Недавно изобретен электронный элемент, который не имеет собственной индуктивности, – резистор Мебиуса. В 1969 году советский изобретатель А. Губайдуллин предложил бесконечную шлифовальную ленту в виде «Листа Мебиуса». «Лист Мебиуса» применяется в производстве ручного эспандера «Робур».

Литература

1. Кордемский Б.А. Топологические опыты своими руками // Квант, 1974, № 3. С. 73 – 75.
2. Лэнгдон Н., Снейп Ч.С. математикой в путь. – М.: Педагогика, 1987. – С. 42 – 43.
3. Энциклопедия для детей. Т. 11. Математика. – М.: «Аванта +», 2002. – 687 с.
4. Трогаем бесконечность. Мебиус, Клейн и другие топологические парадоксы [Электронный ресурс] // Сайт LOG-IN.ru. <http://www.log-in.ru/articles/1360>.

Создание модели Солнечной системы. Расчет параметров перемещения космических тел

Малахова Анастасия Сергеевна

11 класс, МБОУ СОШ № 58, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.А. Мухин,
преподаватель информатики ГБПОУ НГК



Разработана программа – пособие для изучающих астрономию, которая совмещает в себе возможности моделирования движения космических тел и расчет параметров их перемещения.

Наблюдение за космосом всегда представляло для человека особый интерес, который проявляется и в наши дни. Моделирование астрономических процессов является важным в изучении астрономии, так как дает наглядное представление о поведении космических тел. Однако известные и доступные широкому кругу пользователей программы, моделирующие космические процессы, не позволяют получить информацию о динамике астрономических тел в полном объеме. Такие программы, как «Readshift», «Stellarium», «SolarSystemScope», «SunAveon Solar System», модели с сайта spacegid.com, способны лишь моделировать движение небесных объектов без возможности расчета параметров перемещения. Программы, схожие по функционалу с возможностями сайта planetcalc.ru, напротив, производят расчет значений перемещения без графического представления процессов. Ограниченностю существующих программ создает трудности получения информации для начинающих астрономов, поэтому возникает потребность в создании программы для детального изучения процессов, происходящих в Солнечной системе, с наглядными моделями и расширенными возможностями расчета параметров перемещения объектов.

Цель работы заключалась в разработке компьютерной модели движения объектов Солнечной системы с возможностью расчета параметров данных объектов. Для этого был использован метод компьютерного моделирования, основанный на знаниях законов перемещения космических тел, полученных из различных литературных источников по данной тематике. Программа была написана в среде Visual Basic 6.0.

Разработка компьютерной модели началась с реализации программы, моделирующей обращение планет Солнечной системы. Программа способна рассчитывать расстояния от планет до Солнца, рас-

стояние между двумя планетами, находить даты определенных конфигураций, вычислять гелиоцентрическую долготу относительно Земли и синодический период (рис. 1) Для формирования у пользователей правильного представления об устройстве Солнечной системы, орбиты планет были изображены с учетом их эксцентриситета. Учет эллиптичности орбит обеспечивал выполнение первого закона Кеплера.

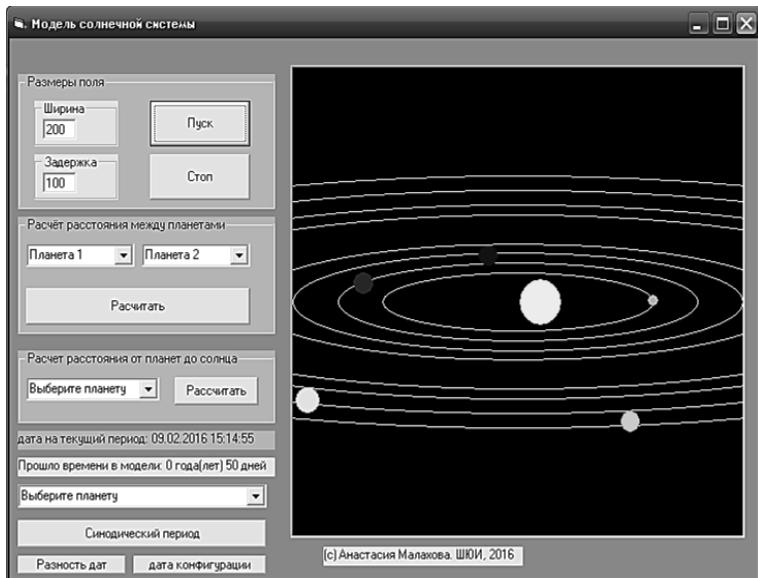


Рис. 1. Программа, моделирующая обращение планет вокруг Солнца

Для определения начального положения планет при запуске программы была выведена следующая формула:

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi T + \frac{\pi}{2},$$

где φ – угол между планетой и солнцем относительно начального значения, $\Delta\varphi$ – угол на который планета смещается за сутки, φ_0 – начальное значение, то есть угол в момент измерения, T – разность дат.

Масштабы планет и расстояния между ними не были учтены, так как это не способствует удобству восприятия информации. Межпланетарное взаимодействие также не учитывалось, поскольку погрешность измерения меньше, чем шаг дискретизации данной модели. Следовательно, различия в графических моделях с наличием или отсутствием данного параметра не будут визуально различимы пользователем.

Второй частью работы являлась разработка возможности моделирования суточного движения Солнца.

При моделировании суточного движения солнца необходимо рассматривать две системы координат: экваториальную – в этой системе основной плоскостью является плоскость небесного экватора, и горизонтальную, в которой основной плоскостью является плоскость математического горизонта, она применяется при наблюдениях звезд и движения небесных тел Солнечной системы на местности невооруженным глазом. Координатами экваториальной системы на небесной сфере являются прямое восхождение α (часовой угол t) и склонение δ . Расчет производился по следующим формулам:

$$\delta = \left(\frac{180}{\pi}\right) \arcsin\left(\frac{Z}{r}\right) - \text{склонение};$$

где r – радиус-вектор, используемый при переходе из декартовой системы координат в полярную;

$$\alpha = \left(\frac{180}{\pi}\right) * \arctan(X, Y) - \text{прямое восхождение};$$

$$t = S - h - \text{часовой угол},$$

S – местное звездное время, выраженное в тех же единицах, что H и α (часах или градусах).

$$h = \arcsin(Z) * \left(\frac{180}{\pi}\right) - \text{высота Солнца над горизонтом};$$

$$A = \arctg2(Y, X) * \left(\frac{180}{\pi}\right) + 180^\circ - \text{азимут}.$$

Графическое изображение суточного движения Солнца позволяет пользователю получить наглядное представление об изменении параметров движения светила. Статистическая информация была получена на основе формул расчета параметров перемещения Солнца в разных точках наблюдения. Данные программы о восходе, закате, максимальной высоте Солнца над горизонтом (рис. 2) сравнивались с данными сайта voshod-solnca.ru (рис. 3). Совпадение свидетельствует о работоспособности программы и достоверности ее данных. Определение времени нахождения Солнца в заданном азимуте позволяет пользователю узнать, на какой

Статистика	
Время восхода Солнца в указанную дату	7.29
Время заката Солнца в указанную дату	17.16
Максимальная высота Солнца над горизонтом в указанную дату	22.862052595398 в 12.19
Текущая высота Солнца в указанное время	22.829500022623
Текущий азимут Солнца в указанное время	177.323166044646
Среднесуточная высота Солнца в указанную дату	-9.80522
Средняя высота Солнца над горизонтом в указанную дату	14.671

Рис. 2. Данные, полученные разработанной программой

высоте будет находиться светило в определенное время суток (рис. 4).

Таким образом, была реализована программа-пособие, способная помочь изучающим астрономию более успешно осваивать материал, опираясь на наглядные модели, описывающие реальные астрономические процессы.

Расчет данных

Широта	56.320000	
Долгота	44.000000	
Часовой пояс (GMT)	+3 ▾ *	
Григорианская дата	21.02.2016	
*Все данные рассчитаны относительно часового пояса вашего региона, определённого исходя из настроек вашего браузера. При выборе другого региона, часовой пояс не меняется автоматически на часовой пояс, в котором находится просматриваемый регион.		
Юлианская дата	2457440.326810	<input type="checkbox"/> Остановить
Местное время	22:50:36	
Всемирное время (UTC)	19:50:36	
Долгота дня	09.59.30	
Восход Солнца	07:19:25 (21.02.2016)	
Закат Солнца	17:18:56 (21.02.2016)	
Астрономический полдень	12:19:10 (21.02.2016)	
Склонение Солнца	-10° 49' 38"	
Гор. угол восхода Солнца	95° 25' 24"	
Гор. угол захода Солнца	84° 34' 35"	
Высота Солнца	22° 52' 26"	

Рис. 3. Данные сайта voshod-solnca.ru

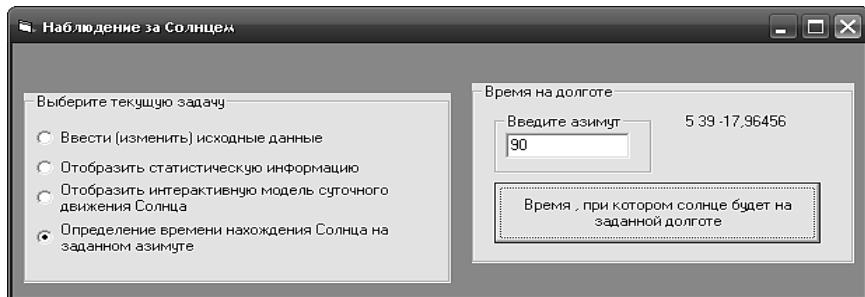


Рис. 4. Фрагмент программы, определяющей положение Солнца в заданном азимуте

Литература

1. Лаплас П.С. Изложение системы мира. – Л.: Наука, 1982. – 376с.
2. Смульский И.И. Теория взаимодействия. – Новосибирск: Из-во Новосиб. ун-та, НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1999. – 294 с.
3. Смульский И.И. Траектории при взаимодействии двух тел, зависящем от относительного расстояния и скорости // Математическое моделирование. 1995. Т. 7. № 7. С. 117 – 126.
4. Смульский И.И. Осесимметричная задача гравитационного взаимодействия N-тел // Математическое моделирование. 2003. Т. 15, № 5. С. 27 – 36.
5. Справочное руководство по небесной механике и астродинамике / Под ред. Г.Н. Дубошина. – М.: Наука, 1976. – 854 с.

Компьютерное моделирование обобщенных войны и мира

Малышев Артем Андреевич

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Р.И. Овсянников,
научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук



Создана математическая модель и компьютерная программа, предназначенные для описания и предсказания эволюции общества: войны и мира. Проведен ряд расчетов исторического процесса человечества в зависимости от параметров модели.

Любой человек хочет жить в безопасности для себя и своих близких. Современное развитие технологий, перемещения и коммуникации эффективно делают планету Земля все меньше, и в скором времени все люди окажутся, в некотором смысле, близки друг другу. Поэтому естественно ставится вопрос о безопасности населения нашей планеты. Почти вся история человечества – история войн (не только вооруженных, но также и экономических, информационных) и мира. Для предсказания будущего состояния человечества недостаточно знать лишь прошлое. Необходимо овладение моделями, которые позволяют математически точно рассчитать вероятности того или иного будущего состояния человечества. Цель работы – предсказать будущее стран, война или мир их ожидает?

В качестве основы для математической модели была использована работа [1]. Основная идея работы состоит в том, что война против общества или мирное развитие общества строятся на похожих принципах (приоритетах) управления. Различие между войной и миром заключается лишь в том, что во время войны интересы управленаца и общества в значительной степени различаются, а для мирного управления эти цели должны в значительной степени совпадать.

Таблица. Типы взаимодействия стран

Тип взаимодействия	Война	Мир
Обычное вооружение	Обычная война	Обычный мир
Биологическое оружие	Биологическая война	Медицинский мир
Экономика	Экономическая война	Экономический мир
Информация	Информационная атака. Ложь.	Совместный поиск истинны

В таблице представлены обобщенные средства управления обществом – упрощенный перечень средств воздействия на общественное развитие в рамках четырех базовых групп (приоритетов), отличающихся по способу, значимости и устойчивости во времени результатов их воздействия на общественную систему.

В теории [1] описание модели взаимодействия обществ приводится лишь в словесной форме. Поэтому в настоящей работе была разработана простейшая математическая модель, позволившая проводить расчеты, оценки, делать выводы. Ниже приведены несколько переменных, служащих для описания состояния общества: ch – численность армии; e – экономика; n – численность населения; k – качество армии; a – общая сила армии; id – информация о мире, определяющая способность и желание государства строить мирное общество; iz – информация о войне, определяющая способность и желание государства воевать.

Приведены несколько формул для моделирования двух видов войн (информационной и вооруженной) и мира. Война соответствует разрушению различных параметров государств, мирное же сотрудничество соответствует росту.

Вооруженная война:

$$\Delta ch_2 = -(a_1 - a_2/3)$$

$$\Delta e_2 = -a_1 \cdot 0,1$$

$$\Delta n_2 = -a_1$$

Военное сотрудничество:

$$\Delta k_2 = k_1/3$$

$$a_2 = ch_2 \cdot k_2$$

$$\Delta e_2 = a_1 \cdot 0,1$$

Информационная война:

$$\Delta id_2 = -1$$

$$\Delta iz_2 = -1$$

Информационный мир

$$\Delta id_2 = 1$$

$$\Delta iz_2 = -1$$

Индекс 1 соответствует стране, которая действует, индекс 2 – стране, на которую воздействуют.

Страны взаимодействовали друг с другом только при определенных обстоятельствах (низкая экономика у обеих стран). Если же у одной страны высокий уровень экономики, а у другой низкий, тогда могла произойти война.

Для реализации математической модели была написана компьютерная программа на языке C# [2]. Результаты работы программы в графическом виде приведены на рисунках 1, 2. Рисунок 1 – график изменения численности населения в зависимости от времени. Видны периоды мирного роста и войны. Рисунок 2 – изменение экономики (видны периоды роста и падения экономики государства).

Все числа были увеличены в 10 000 раз, чтобы продемонстрировать изменения. Население измерялось в тысячах.

При проведении численных экспериментов отслеживались следующие параметры: количество стран, численность населения, уровень развития, количество и тип войн. Анализ динамики параметров позволил

сделать следующие выводы:

- 1) безинтеллектуальное общество рано или поздно «сваливается» в тотальную войну;
- 2) наличие ИИ (искусственного интеллекта) позволяет избежать тотальной войны, построить мирное общество из нескольких стран;
- 3) генетические войны (боевые вирусы, наркотики) более опасны, чем обычные вооруженные войны, так как часто приводят к гибели больше одной цивилизации;
- 4) если в качестве начальных условий брать слаборазвитые страны, то не происходит изощренных войн (экономических, информационных), а между сильноразвитыми странами они были.

Литература

1. Краткий курс. Концепция общественной безопасности, ВП СССР. – М., 2010.
2. Поддельский В.В. Язык C#.Базовый курс. 2-е изд. – М.: Из-во «Финансы и статистика», 2013. – 426 с.

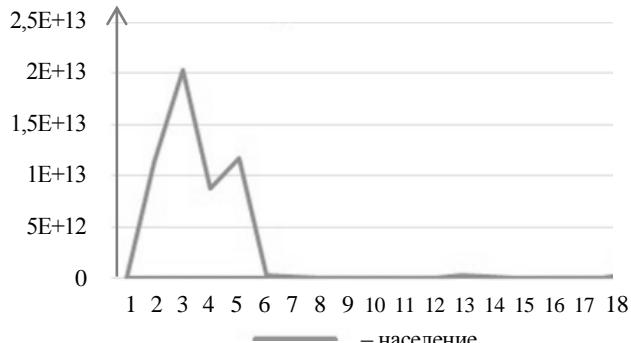


Рис. 1. Изменение населения страны

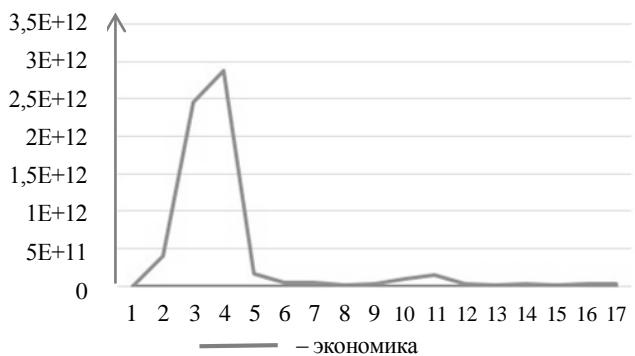


Рис. 2. Изменение экономики страны

Компьютерное моделирование интерференции волн в пространстве с препятствиями

Молодецкий Арсений Алексеевич

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Р.И. Овсянников,
научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук



Построена расчетная модель динамики элементов абстрактной физической среды. Модель базируется на классической динамике и попарном учете взаимодействия связанных элементов, что автоматически учитывает интерференцию волн. На основе построенной модели была написана оригинальная расчетная программа на языке PascalABC.Net. При ее использовании были проведены расчеты изменения амплитуды колебания элементов. Таким образом, была показана возможность компьютерного моделирования интерференции волны. В дальнейшем планируется продолжить изучение интерференции волны в среде с различными препятствиями.

Задача огибания волнами препятствий важна для многих областей физики и техники, имеющих отношение к волнам. Интерференция имеет место и для квантовых волновых функций, для механических и для радиоволн. Геометрическая оптика не позволяет объяснить, а тем более рассчитать, те или иные колебания материи в «теневых» областях пространства (областях без прямой видимости источника волн). Отсюда очевидна важность учета эффектов дифракции и интерференции волн и разработки расчетного инструмента, позволяющего оценивать амплитуду колебаний во всем пространстве.

В настоящей работе проведен расчет прохождения и взаимодействия волн в пространстве с препятствиями. Для этой цели была разработана модель динамики элементов физической среды. Среда моделируется из-за множества элементов, взаимодействие между соседними элементами осуществляется с помощью силы упругости:

$$F_u = k \cdot \Delta l,$$

где k – коэффициент упругости связей между элементами, а Δl – деформация связи.

Связи считаются постоянными (нет разрывов и образования новых связей), поэтому модель в наибольшей степени соответствует твердому телу. Один из элементов играет роль источника волны, к нему

приложена периодическая внешняя сила, при этом каждый элемент является вторичным источником внешней волны для соседей. В результате под влиянием внешней силы каждый элемент стремится совершать колебания вокруг временного положения равновесия, обусловленного положениями соседних элементов. Но поскольку соседние элементы тоже подвижны, временное положение равновесия постоянно меняется, образуя бегущую или стоячую волну.

Для создания теневой области, куда бы волны не проникали в приближении геометрической оптики, в модель были добавлены препятствия. Элемент препятствия обсчитывается аналогично обычному элементу, за исключением следующих свойств:

- 1) у препятствий повышена масса, в результате этого их труднее сдвинуть, что позволяет моделировать отражение волн от препятствия;
- 2) у препятствий при взаимодействии с другими объектами наблюдается гасящий эффект, который можно представить в виде некой силы трения

$$\vec{F}_{tr} = -F_{tr}^0 \cdot \frac{\vec{v}}{|\vec{v}|}, \text{ где } F_{tr}^0 \text{ – константа, а } \vec{v} \text{ – вектор скорости элемента.}$$

Для практических расчетов была создана компьютерная программа. В ней итерационно (циклически) рассчитывались силы, приложенные к каждому элементу в различных последовательных конфигурациях элементов, а также рассчитывались ускорения, изменения скоростей и координат за малый промежуток времени, выводились численные и графические результаты компьютерного эксперимента. Алгоритмически программа представляет собой основной цикл, соответствующий «ходу времени», в который вложен другой цикл, обсчитывающий все взаимодействия и смещения.

Прежде чем получить наглядную картину распространения волн в пространстве и приступить к непосредственным исследованиям, пришлось подбирать параметры модели по следующим критериям: длина волны должна быть сравнима с размером наблюдаемой среды, заведомо больше расстояния между элементами, частота исходной волны должна быть сравнима с собственной частотой колебания элементов, а частота расчетной дискретизации должна быть выше частоты волны.

Практическая задача в работе сводилась к проведению серии расчетов для выявления зависимости амплитуды колебаний «в тени» в зависимости от величины затеняющего объекта. Для этого один из элементов был выбран в качестве «приемника» волны (осуществля-

лось наблюдение за его колебаниями). По середине между источником и приемником было помещено препятствие толщиной в один элемент и высотой h .

На основе ряда опытов был составлен график зависимости амплитуды колебаний на приемнике (amp в зависимости от h). Согласие результатов с теоретической кривой, основанной на принципе Гюйгенса-Френеля, является убедительным, так как близко к оценочной зависимости $amp \sim 1/h^2$ (см. рис.).

Выводы

Освоена теория и навыки, которые помогут в дальнейшем развитии темы и улучшении программы. Разработана программа, выдающая достаточно реальные результаты.

Данная работа имеет значение для моделирования интерференции и препятствий. С помощью программы можно моделировать достаточно сложные физические процессы, связанные с колебаниями точек в «тени». Интерференция и препятствия для волн даже в наши дни позволяют делать открытия (гравитационные волны). Развитие данной работы может стать следующим шагом для создания более точных радаров для обнаружения подводных лодок, землетрясений и т.п.

Литература

1. Лукин С.Н. TurboPascal 7.0. Самоучитель для начинающих, 2-е изд. – М.: Диалог-МИФИ, 2005. – 400 с.
2. Открытие гравитационных волн с использованием интерференции В.Р. Abbottetal. (LIGOScientificCollaborationandVirgoCollaboration). 2016. «Observation of Gravitational Waves from a Binary Black Hole Merger». Physical Review Letters 116 (6).
3. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. III. Оптика, атомная физика, физика атомного ядра и элементарных частиц. – М.: Наука, 1970. – 537с.
4. Трофимов В.Л., Хазиев Ф.Ф., Милашин В.А. Динамические характеристики отраженных волн с учетом вклада элементарных границ и толщ // Технологии сейсморазведки. 2012, № 2. С. 12 – 24.

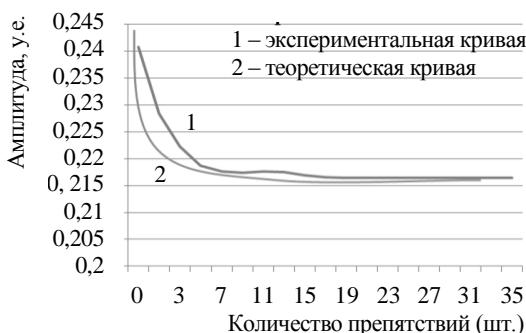


Рис. Амплитуда колебаний у приемника в зависимости от размера (количества элементов) препятствия

Геометрическое представление разложения числа на сумму квадратов

Пономаренко Владимир Анатольевич

11 класс, МБОУ гимназия № 13, Н.Новгород

Научный руководитель С.Ю. Куликова,
учитель математики МБОУ гимназии № 13



Исследованы возможности разложения чисел на различные суммы квадратов. Проведено сопоставление разложений с геометрическим изображением таких чисел на плоскости и в пространстве. Установлены некоторые зависимости вида расположения геометрической фигуры от вида слагаемых в разложении числа на квадраты. В ходе исследования проведено большое количество вычислений «вручную», разработана программа, которая определяет, раскладывается ли число из заданного диапазона на сумму квадратов, и находит эти слагаемые. Выдвинуто несколько утверждений и следствий из них.

Тема исследования возникла при решении задач по нахождению площадей квадратов на клетчатом поле [1]. В поиске различных способов решения таких задач мы обратили внимание на множество чисел, равных сумме квадратов двух других чисел и являющихся значением площади геометрического квадрата. Была выдвинута гипотеза, что существует закономерность в появлении чисел, раскладываемых на сумму двух квадратов. Необходимо было проверить ее практическими вычислениями, найти закономерности при выборе чисел определенного вида, подтвердить свои предположения известными теоретическими фактами.

Цель – исследование чисел, которые можно представить в виде суммы квадратов чисел, и их геометрическое представление. В процессе работы решены следующие задачи: найдены числа, представленные в виде суммы квадратов двух чисел; исследованы различные случаи их геометрического изображения на клетчатом поле; выявлены и сформулированы закономерности в виде утверждения.

Была составлена таблица из первых ста пятидесяти натуральных чисел. В ней мы выделили числа, которые сами являются квадратами, тогда разложение содержит нулевое слагаемое; числа, которые можно представить в виде суммы двух одинаковых квадратов; числа, имеющие разные разложения на суммы квадратов, одно из которых с

нулевым слагаемым и у которых каждое слагаемое отлично от нуля. Все такие числа были сопоставлены с площадями геометрических квадратов, построенных на клетчатом поле. В ходе построений мы наглядно «увидели» иррациональные числа.

Анализируя полученные результаты и чертежи, мы пришли к следующим *выводам*:

1. Не все числа можно представить в виде суммы квадратов двух других чисел. Это значит, что мы не сможем изобразить квадрат с площадью, равной такому числу, не сможем построить отрезок иррациональной длины, равной квадратному корню из этого числа.

2. Есть числа, у которых одно из слагаемых равно нулю. Тогда им соответствуют прямые квадраты с целочисленными сторонами, причем их нельзя повернуть наискосок, все такие числа являются полным квадратом. Однако есть числа, которые можно разложить двумя разными способами, а это значит, что их можно изобразить прямым и наклонным квадратами. Было замечено, что в разложения таких чисел входят пифагоровы тройки. После проверки наиболее часто встречающихся пифагоровых троек мы увидели, что все они соответствуют таким числам. Была выдвинута гипотеза: если квадрат с заданной площадью можно расположить прямым и наклонным способами, то смещение в наклонном способе соответствует числам из пифагоровой тройки.

3. Есть числа, у которых оба слагаемых в разложении отличны от нуля, тогда они изображаются только наклонными квадратами. Все такие числа можно представить двумя разложениями, меняя местами слагаемые и тем самым сдвигая вершину квадрата разными способами. Если для самого числа такая процедура ничего не меняет (переместительный закон сложения), то для расположения на клетчатом поле квадрата с площадью, соответствующей данному числу, такое перемещение слагаемых очень существенно.

4. Существуют числа, сумма которых состоит из квадратов одних и тех же чисел. Графически они расположены симметрично относительно сетки, а их диагонали лежат на сетке.

Для расширения возможностей исследования была разработана программа, которая определяет, раскладывается ли число из заданного диапазона на сумму квадратов, и находит эти слагаемые. С помощью программы удалось найти числа, раскладывающиеся на три различные суммы квадратов, причем все эти числа составные и кратны 5.

На следующем этапе мы выделили в отдельную таблицу простые числа из первых 150-ти натуральных чисел и по возможности представили их в виде суммы двух квадратов. Получилось, что некоторые числа нельзя представить в виде сумм двух квадратов. При исследовании этих чисел была найдена следующая закономерность: все они, кроме двойки нечетные и делятся на 4 с остатком 1, то есть их можно представить видом $(4k + 1)$, что подтверждается теоремой Ферма – Эйлера [3]. В нашей интерпретации эту теорему можно сформулировать в виде следующего утверждения: если нечетное простое число имеет вид $(4k + 1)$, то оно является площадью наклонного квадрата. И как следствие из него: наклон такого квадрата задается величиной слагаемых из разложения данного простого числа на сумму двух квадратов.

Далее мы выявили, что некоторые простые числа можно разложить на суммы только трех квадратов, а некоторые – в виде суммы двух и трех квадратов. Тогда, по аналогии с числами, которые раскладываются на сумму двух квадратов и геометрически изображаются квадратом с площадью, равной данному числу, а также графически изобразили числа, раскладываемые на сумму трех квадратов, в виде прямоугольного параллелепипеда, где данное число будет квадратом диагонали, а три слагаемых (без квадратов) из разложения будут соответствовать трем измерениям. Вид и расположение такого параллелепипеда зависит от вида слагаемых в разложении: если все слагаемые разные, то все грани будут попарно различны; если два слагаемых равные, то две грани будут квадратами, а четыре другие – равными прямоугольниками; при наличии трех одинаковых слагаемых получается куб.

Так как некоторые числа возможно представить в виде суммы как двух, так и трех квадратов, то геометрически их можно изобразить либо плоским квадратом, либо объемным параллелепипедом. Например, число 29 (рис. 1).

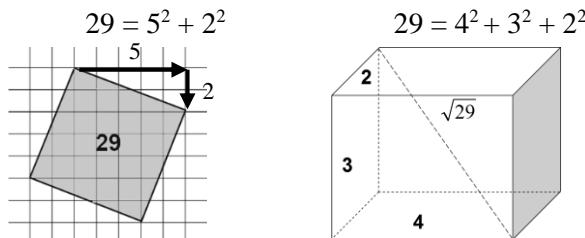


Рис. 1. Геометрическое представление числа 29

Тогда было сформулировано следующее утверждение: если простое нечетное число раскладывается на сумму трех квадратов, то оно является квадратом диагонали прямоугольного параллелепипеда. И как следствие из него: вид и расположение такого прямоугольного параллелепипеда зависит от порядка слагаемых в разложении числа на сумму трех квадратов.

Но так как в таблице с простыми числами снова остались незаполненные строки, мы решили увеличить количество слагаемых до четырех, и таблица заполнилась.

Таблица. Разложение простых чисел (1 – 150) на сумму квадратов

Число	Разложение числа	Число	Разложение числа
2	$1^2 + 1^2$	67	$7^2 + 4^2 + 1^2 + 1^2$
3	$1^2 + 1^2 + 1^2$	71	$6^2 + 5^2 + 3^2 + 1^2$
5	$2^2 + 1^2$	73	$8^2 + 3^2 = 6^2 + 6^2 + 1^2$
7	$2^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2$	79	$7^2 + 5^2 + 2^2 + 1^2$
11	$3^2 + 1^2 + 1^2$	83	$9^2 + 1^2 + 1^2$
13	$3^2 + 2^2$	89	$8^2 + 5^2 = 7^2 + 6^2 + 2^2$
17	$3^2 + 2^2 + 2^2 = 4^2 + 1^2$	97	$9^2 + 4^2 = 6^2 + 6^2 + 5^2$
19	$4^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2$	101	$10^2 + 1^2 = 9^2 + 4^2 + 2^2$
23	$3^2 + 3^2 + 2^2 + 1^2$	103	$10^2 + 1^2 + 1^2 + 1^2$
29	$5^2 + 2^2 = 4^2 + 3^2 + 2^2$	107	$9^2 + 5^2 + 1^2$
31	$5^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2$	109	$10^2 + 3^2 = 8^2 + 6^2 + 3^2$
37	$6^2 + 1^2 = 4^2 + 4^2 + 2^2 + 1^2$	113	$8^2 + 7^2 = 10^2 + 3^2 + 2^2$
41	$5^2 + 4^2 = 6^2 + 2^2 + 1^2$	127	$11^2 + 2^2 + 1^2 + 1^2$
43	$5^2 + 4^2 + 1^2 + 1^2$	131	$11^2 + 3^2 + 1^2$
47	$6^2 + 3^2 + 1^2 + 1^2$	137	$11^2 + 4^2 = 8^2 + 8^2 + 3^2$
53	$7^2 + 2^2 = 6^2 + 4^2 + 1^2$	139	$11^2 + 4^2 + 1^2 + 1^2$
59	$5^2 + 5^2 + 3^2$	149	$10^2 + 7^2 = 12^2 + 2^2 + 1^2$
61	$5^2 + 6^2 = 6^2 + 4^2 + 3^2$		

Новизна исследования заключается, во-первых, в нетипичном взгляде на площадь квадрата, которую привыкли воспринимать как квадрат стороны, то есть одной величины, а в данной работе она рассматривается как сумма квадратов двух чисел; во-вторых, в установлении следующих взаимосвязей:

– зависимости между возможностью разложения натуральной величины на сумму квадратов двух чисел и изображением квадрата с площадью, равной этому числу, причем расположение геометрического квадрата на клетчатом поле (по сетке или с определенным наклоном) в свою очередь зависит от величины слагаемых в таком разложении (разные, равные или одно из слагаемых равно 0);

– зависимости между видом нечетного простого числа, выведенного опытным путем и обоснованного теоремой Ферма – Эйлера, количеством слагаемых в его разложении на сумму квадратов и возможностью изобразить наклонным квадратом с площадью, равной этому числу. Данная закономерность сформулирована в виде утверждения и следствия из него;

– зависимости разложения числа на сумму трех квадратов и возможностью изобразить эту взаимосвязь в виде прямоугольного параллелепипеда с ребрами, равными числам из разложения, причем рассмотрены различные случаи расположения в пространстве и видов параллелепипедов в зависимости от слагаемых суммы. Данная закономерность тоже сформулирована в виде утверждения и следствия из него.

Такие сопоставления можно применять на практике при проектировании, составлении карт без специальных инструментов, используя только клетчатое поле. А значит, такой подход можно использовать и в компьютерной графике, где все изображается пикселями, а это и есть клетчатое поле. Ведь при разработке компьютерной анимации, архитектурных и дизайнерских проектов, игр и т.п. возникает проблема как задать фигуры, чтобы они как можно меньше искажались при поворотах. Это удобно для кодировки при составлении программы построения чертежей, состоящих из большого количества квадратов или призм, так как благодаря такому ракурсу, введя определенное число, мы задаем положение и размер фигуры. Такая кодировка экономит место на диске, существенно уменьшает размер программы, увеличивает быстродействие процесса, дает большую точность вычислений и построений.

Литература

1. Полином. Научно-методический журнал. 2009, № 3.
2. Сендеров В., Спивак А. Суммы квадратов и целые гауссовые числа // Квант, 1999, № 3. С. 14 – 22.
3. Тихомиров В.М. Теорема Ферма-Эйлера о двух квадратах // Квант, 1991, № 10. С. 9 – 12.

Модель планирования прибыльных маршрутов городского автобусного транспорта и ее практическое применение

Федотов Илья Алексеевич

10 класс, МБОУ СОШ № 27, Нижний Новгород

Научный руководитель Н.А. Стригалаева,
учитель информатики МБОУ СОШ № 27



Одна из проблем моего города – нехватка бюджета для обеспечения бесперебойной работы общественного транспорта. Одним из последствий стало упразднение трамвайного сообщения. В работе представлено решение проблемы. На основе метода динамического программирования создана модель планирования маршрутов городского автобусного транспорта, которая позволит получить прибыльные маршруты.

В настоящий момент в городе Дзержинске существует проблема финансирования общественного транспорта. В связи с этим актуальны поиски решения данного вопроса. На основе метода динамического программирования была создана модель планирования прибыльных маршрутов городского автобусного транспорта.

Прибыль общественного транспорта зависит от уровня цен на потребляемые материально-сырьевые и топливно-энергетические ресурсы, от пассажиропотока, длины маршрута и т.п. В работе будем считать прибыль зависимой лишь от двух показателей: пассажиропотока на маршруте и его протяженности. Соответственно из двух показателей формируется один: количество пассажиров/км пути. Для максимизации маршрута необходимо, чтобы он проходил через те улицы, где автобус ожидает большее количество пассажиров.

В интернете и в различных учебных пособиях существуют варианты решения подобных задач. Однако типовые алгоритмы не позволяют произвольно выбирать начальный и конечный пункты маршрута, алгоритм понятен только специалисту и не является наглядным. В данной статье предложены варианты решения указанных проблем.

Допустим, что у нас имеется карта города, состоящая из горизонтальных и вертикальных «улиц», и нам нужно проложить маршрут из начального в конечный пункт. Модель должна предоставлять возможность произвольного выбора начального и конечного пунктов

маршрута. Были изучены алгоритмы, в которых при изменении начального и конечного пунктов маршрута приходится изменять карту – добавлять или убирать в исходных данных отдельные участки горизонтальных и вертикальных «улиц».

В данной работе предложен алгоритм, который предусматривает создание сетки дорог, максимально покрывающих исследуемую местность, и в зависимости от расположения начального и конечного пунктов маршрута выбора в ней соответствующей части. Пусть n – количество горизонтальных улиц, m – количество вертикальных, nuz – номер узла начала маршрута, $uzel$ – массив номеров узлов маршрута на карте местности.

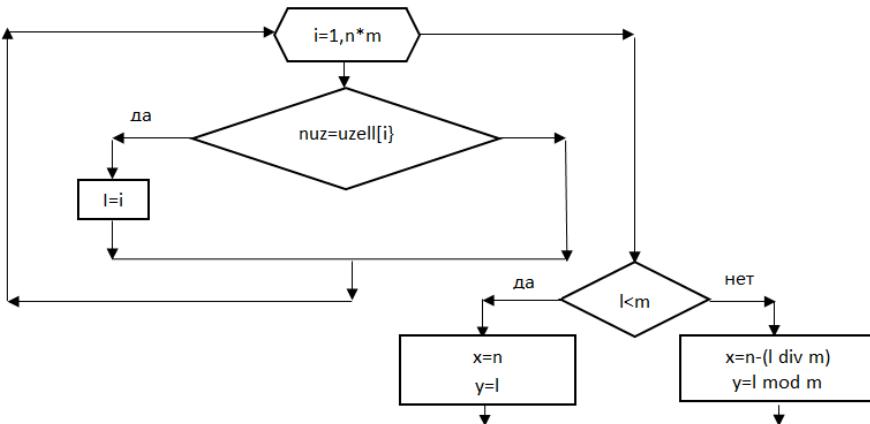


Рис. 1. Блок-схема расчета координаты начала маршрута в сетке местности

Предложенный алгоритм (рис. 1) в переменных x и y позволяет рассчитать координаты начала маршрута в сетке местности. Соответственно можно вычислить координаты конца маршрута.

Таким образом, путем доработки алгоритма, он стал более универсальным и позволяет произвольно выбирать начальный и конечный пункты маршрута, не изменяя карты.

Предложенная модель решает многие вопросы визуализации процесса построения маршрута.

На языке PascalABC.net представлен программный код нанесения кнопок на карту города:

```
//2. Ввод из файла координат узлов-кнопок карты
assign(t, 'x.y.txt');
reset(t);
```

```

for i := 1 to kolknop do
  for j := 1 to 3 do
    read(t, auz[i, j]);
  close(t);
//3. Нанесение кнопок на карту
button := new PictureABC[kolknop + 1];
for i := 1 to kolknop do
begin
  x := auz[i, 2];
  y := auz[i, 3];
  button[i] := pictureabc.create(x, y, 'кнопка.png');
  button[i].number := i;
end;

```

На рисунке 2 предложена блок-схема визуализации маршрута. Данный алгоритм строит в виде красной линии на карте города найденный оптимальный маршрут. Модель также рассчитывает такие его характеристики, как протяженность, количество пассажиров и выручку. Модель предполагает удобный интерфейс выбора начального и конечного узлов маршрута. С помощью процедуры MouseDown в графическом окне программы пользователь с помощью клика мыши выбирает их на карте города.

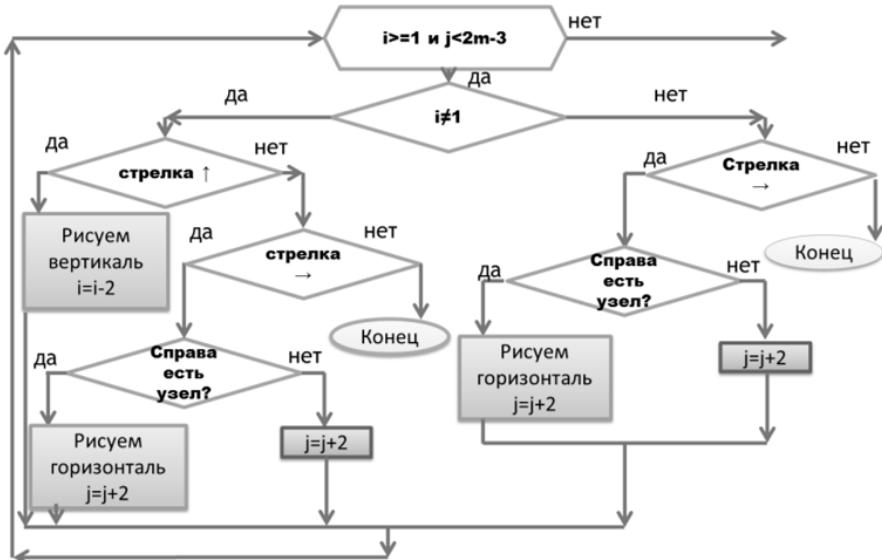


Рис. 2. Блок-схема алгоритма визуализации

Далее представлен фрагмент процедуры MouseDown и фрагмента программы считывания с помощью мыши начального и конечного узлов маршрута:

```
procedure MouseDown(xmouse, ymouse, mb: integer);
begin
  fds += 1;
  if (xmouse > 6) and (xmouse < 26) and (ymouse > 574) and (ymouse < 596)
then
begin
  begin
    if fds = 1 then nuz := 1;
    if fds = 2 then kuz := 1;
  end;
//4. Считывание с помощью мыши начального и конечного узлов маршрута
  while sdf = false do
begin
  OnMouseDown := MouseDown;
end;
```

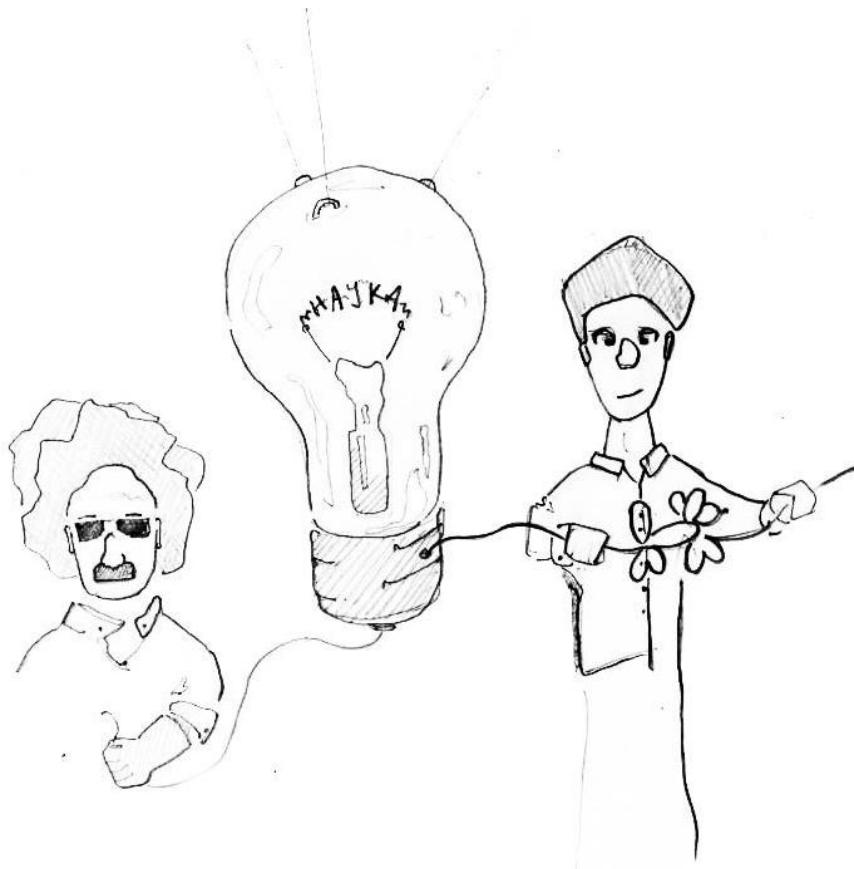
Модель также удобна специалисту для изучения ее работы, так как в файле создает подробный отчет формирования оптимального маршрута, что позволяет отслеживать все этапы оптимизации. Протокол необходим для отладки работы программы, благодаря ему легче искать ошибки в программе. Он не отображается в результате работы программы, а находится в корневой папке.

Модель опробована на исходных данных города Дзержинска, на реальных расстояниях между узлами на карте города и на интуитивных характеристиках узлов города (количество пассажиров в узлах города, ожидающих автобуса). Модель может быть использована для любой местности. Для этого в текстовых файлах необходимо изменить номера и координаты узлов на карте, характеристики горизонтальных и вертикальных участков «улиц».

Литература

1. Семакин И.Г., Хеннер Е.К. Информационные системы и модели. Элективный курс: Учеб. пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 303 с.
2. Тойчикина О.В. Динамическое программирование в решении производственных задач. Автореферат выпускной работы магистра [Электронный ресурс]. <http://www.masters.donntu.edu.ua/2007/fvti/toichkina/diss/index.htm>.
3. Решение задач динамического программирования [Электронный ресурс]. otherreferats.allbest.ru.
4. Пример решения задачи оптимизации прокладки дороги [Электронный ресурс]. www.kgau.ru/distance/fub_03/eldeshtein/logistika/kurs/08_05.html8.5.

Наука как призвание и профессия



Наука – это великая красота. Ученый у себя в лаборатории не просто техник: это ребенок лицом к лицу с явлениями природы, действующими на него, как волшебная сказка.

*Мария Склодовская-Кюри (1867 – 1934),
одна из создателей учения о радиоактивности, первая в истории дважды
лауреат Нобелевской премии по физике (1903) и химии (1911)*

Творчество – это самостоятельное мышление.

Если возможно было бы точно предвидеть развитие научной работы, то научная работа была бы производством и потеряла бы свое обаяние и увлекательность.

*Петр Леонидович Капица (1894 – 1984),
российский физик, академик, один из основателей физики низких температур и
сильных магнитных полей, лауреат Нобелевской премии по физике (1978)*

Творческий процесс – это непрерывная работа: непрерывные неудачные попытки; рухнувшие гипотезы вбирают в себя 99 процентов всех творческих усилий и лишь изредка прерываются кратковременным успехом. Этот успех – как крупица золота после тонн промытого песка...

*Павел Сергеевич Александров (1896 – 1982),
советский математик, академик АН СССР, профессор МГУ*

Научная работа – своеобразное дело!

Гапонов-Грехов Андрей Викторович

советник Российской академии наук,
академик Российской академии наук



Что такое призвание? Как выбрать профессию, которой сможешь посвятить себя и которой хочешь заниматься всю жизнь? Как найти дело, которое станет любимым, в котором сможешь проявить себя, свои способности? И определяется ли призвание способностями? Эти вопросы каждый из нас пытается решить в течение всей жизни. Но особо остро они переживаются в подростковый период, когда молодому человеку предстоит сделать свой первый самостоятельный выбор – выбор направления образования.

Особенно сложно ответить на эти вопросы, если речь идет о призвании ученого, исследователя. Мы пользуемся плодами труда ученых, инженеров, конструкторов. Но профессия ученого не относится к разряду таких знакомых нам с детства профессий, как врач, учитель, продавец, строитель и др. Как организован труд ученого? Какими способностями надо обладать, чтобы стать исследователем? Ответить на эти вопросы можно, лишь общаясь с людьми, для которых наука стала призванием и профессией, кто посвятил ей жизнь и добился действительно уникальных научных результатов.

Юные талалушкинцы, участники 1-й летней исследовательской смены (ЛИС) 2016 года, во главе с редактором газеты «Талалушкинский экспресс» Анной Михайловной Фирсовой, побывали в гостях у основателя Института прикладной физики Российской академии наук, Героя социалистического труда, лауреата двух Государственных премий СССР и Государственной премии Российской Федерации, доктора физико-математических наук, академика Российской академии наук, Андрея Викторовича Гапонова-Грехова и его супруги Светланы Денисовны, поздравили его с 90-летним юбилеем и взяли у них интервью.

Даниил Княжицкий: Здравствуйте, Андрей Викторович! Не могли бы Вы рассказать о начале своего пути в науку, может быть, немного о Вашем детстве? Когда и как Вы поняли, что хотите заниматься научной деятельностью?

Андрей Викторович: В детстве у меня было много вариантов, кем стать. К примеру, я часто копал грядки и думал, что стану биологом. Я думаю, что интерес к науке появился у меня в ту пору, ко-

гда я переписывался с И.В. Мичуриным. Я до самого последнего момента не был уверен в том, что стану ученым. Даже после окончания вуза я был преподавателем и не думал о научной деятельности.

Это было довольно трудное время. Некоторые думают, что трудности у советских граждан начались во время войны. Но это неправда, трудности были и до нее. Как пример приведу нашу школу: то в один момент ее переводят в другое здание, то вводят вечернее время обучения. Все время происходили какие-то изменения, так что скучать не приходилось. Во время обучения в школе я поступил в Горьковский научно-исследовательский физико-технический институт (ГИФТИ) учеником слесаря-механика. Но, поскольку началась война, то надо было овладевать профессией, так что я поступил на курсы обучения трактористов при Дворце пионеров.

В 9-м классе я, учась в школе, пошел работать, а мне не было еще 15 лет, и в школу я почти не ходил. Когда мне исполнилось 15 лет, я получил паспорт и отправился работать трактористом в Великом Враге Кстовского района, у меня там были разные приключения, из-за которых мне пришлось добираться обратно в Нижний пешком. Я попытался сесть в машину, а в это время немцы были под Москвой, через Горьковскую область шел большой поток эвакуированных, так что я с большим трудом добрался до Афонина.

Потом я решил сдать экзамены экстерном сразу за 9-й и 10-й классы. В Горьковском политехническом институте образовался электрофак (ныне – факультет автоматики и электромеханики НГТУ им. Р.Е. Алексеева), и я поступил на него. Через полгода образовался радиофизический факультет при Горьковском государственном университете (ныне – ННГУ им. Н.И. Лобачевского), и я перевелся туда. С нами занимались академик Александр Александрович Андронов и Мария Тихоновна Грехова (моя мама). Мы с моим другом Михаилом Адольфовичем Миллером потом закончили радиофак (радиофизический факультет) университета.

Павел Турчин: *Как Вам удалось заинтересовать большое количество молодых людей заниматься наукой?*

Андрей Викторович: Вы хотите знать, откуда берутся молодые ученые? В нашей стране до сих пор нет устойчивых представлений о том, как «добывать молодых ученых» и как потом с ними обращаться, чтобы из них действительно получились ученые. Тогда мне казалось, да и сейчас мое мнение не изменилось, что обычные школьные учителя – это не те люди, которые готовят молодежь к научной ра-

боте. Они дают самую общую подготовку для поддержания уровня производства в стране. Это – основная задача школы.

А мне хотелось создать место работы, где бы можно было работать в области науки и учиться, и таким образом был организован наш институт. У меня уже были опыт, связи и инициатива.

Я познакомился с С.П. Капицей и убедил его в необходимости создания такого научного института. Это было в 60-е годы XX века, когда я работал в НИРФИ (Научно-исследовательском радиофизическом институте) и занимался научной работой. Я понимал, что школьное и даже университетское образование – это одно, а для того, чтобы усвоить принципы научной работы, нужна другая подготовка.

Мы организовали институт, а в нем факультет стажеров-исследователей. Это оказалось не государственным образованием, поскольку было принято наше внутреннее решение. Мы постарались готовить кадры так, как это нужно для науки.



Светлана Денисовна: Организация такого института была поручена другу Андрея Викторовича Михаилу Адольфовичу Миллеру. Он отнесся к этому с полной ответственностью и с той инициативой, которая была присуща ему в любом деле. Молодые кадры поступали к нам в основном с радиофака университета, но и частично с физфака. И первые два года над ними была организована настоящая опека. Каждый из них имел научного руководителя, индивидуальный план на год, в конце года он отчитывался перед аттестационной комиссией, в которую входили самые лучшие ученые института, это была честь – оказаться в составе комиссии.

Михаил Адольфович относился к этому с большим вниманием, даже со страстью. Для подобной аттестации устраивалось общее собрание, и он рассказывал каждому стажеру, какие недостатки и какие достоинства можно увидеть в его работе. И каждый год подобный отчет происходил на заседании ученого совета института. Молодым ученым уделялось самое пристальное внимание.

Надо отметить, что Александр Михайлович Сергеев, который ныне является директором ИПФ РАН, тоже является выпускником этого факультета. Все те, кто прошли эту школу, сейчас с удовольствием вспоминают об этом. Тогда стажеров по-настоящему учили заниматься научной работой. Помимо практической деятельности, которая требует рабочих рук, обязательным было самостоятельное научное исследование.

Я в то время была помощницей Михаила Адольфовича, и на следующий год мы открыли аспирантуру. В течение всей своей жизни я была заведующей аспирантурой института. Мне хорошо знакома вся эта деятельность и я, конечно, знаю каждого молодого человека, который у нас учился.

После того, как прошли реформы, молодых людей стали забирать в армию сразу после вузов, не давая им отсрочки на два года. Раньше А.В. способствовал тому, чтобы аспиранты имели возможность освободиться от службы в армии, чтобы они успели поступить в аспирантуру, имея багаж научных знаний. К счастью, у нас сейчас есть факультет «Высшая школа общей и прикладной физики» в ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Андрей Викторович стоял у истоков и был организатором этого направления, и сейчас он вам об этом расскажет.

Андрей Викторович: Чтобы рассказать об этом, надо как следует подумать и вспомнить обо всем.

Светлана Денисовна: Когда Андрей Викторович был директором, институт был нацелен на то, чтобы молодые люди не «тонули» в потоке повседневности, а чтобы сразу обучались научной работе. И это было целью.

Андрей Викторович: Научная работа – своеобразное дело, вы это имейте в виду! Это некое обязательство, которое никогда тебя не оставляет. В любом месте вы будете думать о своем исследовании, будь то дома или в театре, все равно будет продолжаться ваша научная деятельность.

Илья Лившиц: Как Вы считаете, какова роль научного руководителя в жизни исследователя?

Андрей Викторович: Во-первых, научный руководитель сам должен быть ученым, потому что теоретически научить этому не получится, если ты сам не можешь заниматься научной деятельностью. А если руководитель сам занимается наукой, то, фактически, его деятельность, его руководство – и есть обучение.

Он является примером того, что такая научная деятельность и в чем она заключается. При этом он не должен делать работу за своего ученика. Но когда обучаемому очень трудно, руководитель должен убедить его в том, что задача, которая перед ним стоит, не безнадежна, а решаема, что ему нужно приложить больше усилий. Руководитель должен указать возможные пути решения и помочь ему решить поставленную задачу. Это не означает обучение новым теоретическим знаниям, это – обучение науке. Это тоже необходимо.

Илья Лившиц: Расскажите, пожалуйста, о Вашем наставнике. Кого Вы считаете примером в своей профессии, на кого ориентировались в своей работе?

Андрей Викторович: Это сложный вопрос, потому что у меня был не один, а два научных руководителя.

С одной стороны, это был Александр Александрович Андronov, с другой – Михаил Львович Левин. Михаил Львович был немного старше нас с Миллером. И он попал в сложную ситуацию, был обвинен в участии в группе, якобы организовавшей покушение на И.В. Сталина. На самом деле это были люди искусства, кинематографисты, к которым Михаил Львович просто ходил в гости.

Светлана Денисовна: Единственное, что спасло Михаила Львовича (он получил всего 3 года), было то, что он сумел доказать, что окна квартиры, которую он посещал, выходили во двор, а не на ту улицу, по которой Сталина возили в автомобиле. После амнистии, в

честь Победы в 1945-м году, он был выслан из Москвы в Горьковскую область, на Бор.

И так как он был учеником Михаила Александровича Леонтовича, Михаил Александрович обратился к Александру Александровичу с просьбой привлечь Левина к преподаванию, и таким образом Левин стал преподавать курс электродинамики у первого набора студентов радиофизического факультета ГГУ им. Н.И. Лобачевского.

В самом начале их было 50 с чем-то человек, а закончили только 17, потому что учиться было очень трудно, им пришлось сдавать экзамены за первый и второй курс. Их перевели сразу на третий, поэтому студенты занимались по 12 – 14 часов в день. Михаил Львович был одним из тех людей, которые сыграли большую роль в жизни Андрея Викторовича и Михаила Александровича.

После окончания университета А.А. Андronov был научным руководителем Андрея Викторовича в аспирантуре. Михаил Львович же был тем человеком, с которым они впоследствии делали научную работу, гуляли и обсуждали жизнь, науку, литературу, искусство, потому что он был энциклопедистом, настоящим книжочеем, человеком, который прекрасно знал историю Англии. Он даже написал эссе о трагедии Шекспира «Гамлет».

А.А. Андronov не так много времени провел с Андреем Викторовичем, поскольку в это время уже сильно болел. Он предложил ему тему для диссертации, а когда пришло время сдавать кандидатский экзамен по иностранному языку, Андрей Викторович выбирал – сдавать ему немецкий или английский языки, которые он изучал в школе и университете. Научный руководитель предложил ему изучить французский и сдать кандидатский экзамен на новом для него языке. Когда он был его научным руководителем, в первый год аспирантуры, он заставлял А.В. каждую неделю выступать на семинаре с отчетом.

Андрей Викторович: Александр Александрович умер до того, как я закончил аспирантуру. И защищался я уже без него. Я отправил свою работу в докторскую совет в Ленинграде (Санкт-Петербург), где я никого не знал, а М.А. Миллер поехал со мной, чтобы поддержать. Там я защитил докторскую степень, приняв положительное решение. Моим оппонентом был Сергей Михайлович Рытов, член-корреспондент академии наук, выдающийся ученый. После защиты он поздравил меня и пригласил в ресторан, оплатив наш банкет, поскольку был полностью удовлетворен результатами моей работы.

Павел Турчин: *Многие научные институты развалились в 1990-е годы. Как Вы думаете, что помогло ИПФ РАН остаться на «плаву»?*

Андрей Викторович: Мне кажется, дело в том, что если вы работаете по-настоящему, вероятность того, что вас поймут, повышается.

Светлана Денисовна: Недавно Валерий Павлович Шанцев спросил Андрея Викторовича: «Как вывести область из запущенного состояния, за что браться?» И он ответил: «Да что вы! Работать надо!»

В общем, времена были тяжелые. Какое-то время мы даже зарплату получали по карточкам. Мы обменивали их на продукты в единственном магазине, который принадлежал одному из бывших сотрудников института, который соглашался принимать эти карточки. И только уже потом мы расплатились с этим человеком. Также приходилось сдавать площади в аренду, поскольку не хватало денег на аппаратуру, поставить и провести эксперименты было крайне трудно. Но, тем не менее, работа продолжалась.

Многие ушли на другую работу, многие подрабатывали, поскольку семью было трудно содержать на те деньги, которые выделялись институту. Однако было много энтузиастов, которые просто любили научную работу. А благодаря тому, что Андрей Викторович изо всех сил старался добывать для института средства, сохранился не только сам институт, но еще и лагерь, и детский сад, и база отдыха. Это – совершенно уникальный случай на сегодняшний день.

Александр Смыслов: *В чем, по Вашему мнению, состоит красота науки?*

Андрей Викторович: Я думаю, что она заключается в результате исследования. Ведь вы идете в науку не ради денег – их можно заработать и другим способом. А тут вам просто интересно получать результат.

Марк Фарафонов: *Как Вы считаете, сама идея нашего образовательно-оздоровительного лагеря им. Н.С. Талалушкина, где учатся и отдохивают дети научных и вузовских работников, осваивая азы исследовательской работы и получая направление для дальнейших научных поисков, является актуальной и практикоориентированной в современных условиях?*

Андрей Викторович: Я не совсем хорошо знаю сегодняшнюю обстановку в лагере, однако по тому, как это начиналось, мне кажется, что это более-менее то, что нужно. И мне кажется, что тот факт, что дети здесь занимаются научными исследованиями, сильно отличает этот лагерь от других.

Анна Михайловна Фирсова: Сейчас от каждого участника образовательного процесса, будь то учитель в средней школе, сотрудник НИИ или профессор в вузе, требуется статистика достижений, цифры дохода от участия в грантах, словом, нарождается понятие «эффективный менеджер» от образования и науки. Как Вы относитесь к этому явлению?

Андрей Викторович: Да, действительно, эта тенденция имеет место в современном мире, однако вряд ли можно сказать, чем она обусловлена, мне кажется, что эта тенденция совершенно необоснованна. И эта навязанная тенденция губительна для нас. Будем надеяться, что это с годами изменится.

Данила Коробков: Какое напутствие на будущее Вам хотелось бы дать юным исследователям?

Андрей Викторович: Я думаю, что в результате любого обучения увеличивается, во-первых, знание, а во-вторых, понимание предмета. Так вот, в науке понимание – гораздо важнее. Ведь знания можно перепнуть и из книг, знания можно получать от окружающих людей. А понимание, почему, благодаря чему все это происходит – вот главная задача науки и, по существу, главная задача нашей жизни.

В конце беседы Андрей Викторович и Светлана Денисовна стали спрашивать своих гостей о жизни любимого лагеря им. Н.С. Талалушкина, о той особой исследовательской и дружеской атмосфере, которая там сложилась. Они интересовались изменениями в деятельности лагеря по сравнению с прошлыми годами, задавали много вопросов о том, кем ребята хотят стать в будущем и о том, каким образом участники летних исследовательских смен узнают о лагере.

Ребята с удовольствием поделились своими впечатлениями, мыслями и наблюдениями, а в конце все участники беседы сделали групповую фотографию, которая опубликована в нашем сборнике.

Разговор о призвании и профессии ученого хочется закончить пожеланием всем юным исследователям найти свой путь в мире науки!

Лекции нижегородских ученых



Так не бывает, чтобы экспериментаторы вели свои поиски ради открытия нового источника энергии или ради получения редких или дорогих элементов. Истинная побудительная причина лежит глубже и связана с захватывающей увлекательностью проникновения в одну из величайших тайн природы.

Эрнест Резерфорд (1871 – 1937),
английский физик, лауреат Нобелевской премии по химии (1908),
автор планетарной модели атома

Великое достижение научного метода состоит в том, что на поверхку, казалось бы, заурядное, просто любопытное явление может стать ключом к пониманию тайн природы.

Джордж Томсон (1892 – 1975),
английский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1937)
«за экспериментальное открытие дифракции электронов на кристаллах»

Каждый великий успех науки имеет своим истоком великую дерзость воображения.

Джон Дьюи (1859 – 1952),
американский философ и педагог,
автор системы «прогрессивного воспитания»

Исаак Ньютон: взгляд из XXI столетия

Булюбаш Борис Викторович

доцент НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
кандидат физико-математических наук



Исаак Ньютон (1642 – 1727) – физик, математик, богослов, экономист, один из величайших ученых в истории человечества.

Открытия Исаака Ньютона были центральным событием в развитии естествознания XVII – XVIII вв. Механика Ньютона воспринималась как идеал научной теории не только физиками, но научным сообществом в целом. Ньютон, безусловно, оказал огромное влияние и на социально-экономическую историю.

Жизнь и карьера

В период обучения в средней школе Ньютон жил в доме местного аптекаря. Этот биографический факт весьма важен; по мнению историков, именно этим обусловлен интерес Ньютона к экспериментам в области химии и алхимии. В 1661 году Ньютон зачислен в число студентов Кембриджского университета, а в 1669 году он уже утвержден в должности профессора. В 1668 – 1671 годах Ньютон конструирует первый телескоп отражательного типа (до него в телескопах использовались не зеркала, а линзы). Именно изобретение телескопа обеспечило Ньютону беспрепятственное вступление в Лондонское королевское общество (ЛКО). В феврале 1685 года Ньютон завершил работу над «Трактатом о движении» и официально представил его коллегам по ЛКО. «Трактат» стал первой из трех книг, составивших знаменитое сочинение Ньютона «Математические начала натуральной философии». В 1687 году «Начала» вышли в свет. С 1699 по 1725 год Ньютон является директором Монетного двора, на этой должности он реализует финансовую реформу в Англии.

В 1701 году Ньютон становится членом парламента, а в 1703-м – председателем Лондонского королевского общества. В 1705 году указом короля Ньютону присваивается титул рыцаря – при этом учитываются и его заслуги как ученого, и его участие в финансовой реформе в Англии как директора Монетного двора.

Современники почитали Ньютона как величайшего из ученых. «Был этот мир великой тьмой окутан. Да будет свет – и тут явился

Ньютон!» – эти строки принадлежат современнику Ньютона поэту Александру Попу (заметим, что в двадцатом веке анонимный поэт написал столь же лаконичное продолжение: «Но сатана недолго ждал реванша: пришел Эйнштейн и стало все как раньше!»).

История создания «Математических начал натуральной философии»

В 1684 году архитектор Кристофер Рен (1632 – 1723), астроном Эдмунд Галлей (1656 – 1742), физик Роберт Гук (1635 – 1703) встретились в одной из лондонских кофеен и обсудили вопрос о том, как объяснить эллиптические траектории планет в солнечной системе. Рен предлагал дать премию тому, кто сможет математически доказать, что траектории планет являются эллипсами – иначе говоря, «вывести» первый закон Кеплера. Все трое понимали, что реально претендовать на премию может только один человек – Исаак Ньютон. В августе 1684 года Эдмунд Галлей приехал в Кембридж к Ньютону и предложил ему задачу об эллиптических траекториях планет. Вскоре Галлей второй раз посетил Ньютона и тот показал ему «Трактат о движении». В «Трактате» доказывалось, что движение по эллиптической траектории возникает под действием силы, величина которой обратно пропорциональна квадрату расстояния между планетой и Солнцем. По просьбе Галлея Ньютон в феврале 1685 года официально представил «Трактат о движении» Лондонскому королевскому обществу. Именно «Трактат» стал первой из трех книг, составивших знаменитое сочинение Ньютона «Математические начала натуральной философии».

На заседании ЛКО 19 мая 1686 года было принято решение напечатать труд Ньютона на средства общества. Однако сочинение Ньютона вышло в свет только летом 1687 года на личные средства Галлея. Задержка с изданием была связана не только с финансовыми проблемами, но также и с претензиями Роберта Гука – секретаря Лондонского королевского общества – на соавторство в открытии закона всемирного тяготения. Претензии Гука удалось до известной степени снять благодаря посредничеству Галлея.

Название, выбранное Ньютоном для своего главного сочинения, не случайно, оно противопоставляется «Началам философии» Рене Декарта. Ньютон специально подчеркивает, что его сочинение основано на математических расчетах (*математические начала*) и что в нем изучается Природа (*натуральная философия*). Первая книга «Начал» посвящена доказательству всеобщей применимости закона

всемирного тяготения. Во второй книге разбираются законы движения тел в среде с сопротивлением, в ней критикуется вихревая теория Рене Декарта. Третья книга называется «О системе мира».

Общий тираж «Математических начал натуральной философии» составлял несколько сотен экземпляров, все они были проданы в течение трех лет – для книги такого масштаба срок весьма незначительный. Издательские расходы Галлея были, по-видимому, полностью возмещены. Заметим, впрочем, что на континенте Европы, и в первую очередь во Франции «Начала» Ньютона не были популярны в той же степени, в какой они были популярны в Англии. Потребовалось около пятидесяти лет для того, чтобы метод Ньютона – математический по сути – заменил качественный, существенно более наглядный (и потому широко распространенный) метод Декарта. Заметим также, что «Начала» Ньютона воспринимались как убедительное доказательство того, что мир сотворен по определенному плану. Существенно, что и сам Ньютон пишет: «Такое изящное единение Солнца, планет и комет не могло произойти иначе, как по намерению и по власти могущественного и премудрого существа». По этой причине «Математические начала натуральной философии» не подвергались критике со стороны церкви. Благодаря Ньютону завершился начатый Коперником и Галилеем процесс перехода к гелиоцентрической системе. В более широком смысле следствием открытий Ньютона стало возникновение новой классико-механической картины мира, сменившей картину мира Аристотеля.

Механика Ньютона. Законы движения и закон всемирного тяготения

Главное достижение Ньютона в механике – это, безусловно, три закона механики и закон всемирного тяготения. И то, и другое было впервые представлено в трактате «Математические начала натуральной философии».

Ниже приведены три «аксиомы движения» – известных как три закона Ньютона – в формулировке самого Ньютона.

I. Всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения. Пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

II. Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.

III. Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, иначе взаимодействия двух тел друг на друга между собою равны и направлены в противоположные стороны.

Величайшим достижением Ньютона стал закон всемирного тяготения. Согласно закону, сила тяготения пропорциональна произведению масс взаимодействующих тел и, в случае шарообразных тел, обратно пропорциональна квадрату расстояния между центрами тел. Сила тяготения действует и в мегамире – между космическими объектами, и в макромире – как сила притяжения со стороны Земли (сила тяжести). В этом смысле известная легенда об упавшем на голову Ньютона яблоке неслучайна. Действительно, та же самая сила, которая ответственна за движение планет вокруг Солнца, ответственна и за падение яблока на Землю. Тяготение действительно является всемирным, а закон всемирного тяготения разрушает границу между подлунным и надлунным миром.

Ньютон и социально-экономические науки

Влияние Ньютона на развитие цивилизации прослеживается в классических работах российского историка науки Б.Г. Кузнецова; ниже мы используем его работу «Классическая механика и общественно-экономическая мысль». Важная роль в пропаганде идей классической механики принадлежит знаменитому философу Томасу Гоббсу. Гоббс стремился максимально сблизить гражданскую философию с естествознанием. По его мнению, для этого необходимо ввести в науках об обществе, как и в механике, строгие определения основных понятий. А после этого выяснить, что представляют собой элементы социальной системы. Так, по мнению Гоббса, элементами социальной системы являются люди – аналогично тому, как элементами машины являются колеса и пружины.

Центральную роль в пропаганде идей Ньютона в континентальной Европе сыграл великий французский мыслитель Вольтер (1694 – 1778). «Математические начала натуральной философии» переводила с латинского на французский близкая знакомая Вольтера маркиза дю Шатле. Французское издание «Начал» вышло с предисловием Вольтера, но еще до этого Вольтер опубликовал ставшую широко известной книгу «Элементарное изложение учения Ньютона». В ней он, в частности, пишет: «Высокие истины, которыми мы обязаны Ньютону, были окончательно приняты во Франции лишь после того, как ушло целое поколение людей, державшихся до старости заблуж-

дений Декарта: ибо каждая истина, как и каждая заслуга, встречает вражду со стороны современников».

Очень важная линия влияния идей Ньютона связана с концепцией утопического социализма. Основателями утопического социализма были граф Клод Сен-Симон (1760–1825) и Франсуа Фурье (1772 – 1837). В своих сочинениях Сен-Симон и Фурье описали гипотетическое общество будущего. Б.Г. Кузнецов: «Сен-Симону и Фурье казалось, что превращение науки об обществе в социальную физику, преобразование ее в часть учения о космосе превратит человеческое общество в столь же упорядоченное целое, каким является физика космоса, основанная на учении Ньютона». В 1813 году Сен-Симон написал трактат «Всеобщее тяготение», он предложил передать власть над миром «совету Ньютона», двадцать членов Совета должны быть избраны человечеством. Фантастичность этих проектов достаточно очевидна. Но они имеют более глубокую основу – веру в объединение науки на основе механики как учения об универсальных законах. Сен-Симона и Фурье вдохновляли идеи детерминизма, они считали, что их можно использовать не только при описании солнечной системы, но и при описании устройства общества. Сен-Симон и Фурье были убеждены, что идеи правят миром. Они считали, что вслед за изменениями представлений об обществе произойдут реальные изменения в устройстве общества.

Имя Ньютона вписано также и в историю экономики. В 1696 году английское правительство сделало Ньютону предложение занять хорошо оплачиваемую (и влиятельную) должность хранителя Монетного двора. Каковы были соображения правительства, обратившегося с таким необычным предложением к знаменитому ученому? Немалый интерес руководителей страны вызывала деятельность ученых, их методы изучения Природы, используемые ими правила ведения дискуссий и разрешения споров. Используя интеллектуальный потенциал ученых в политической и экономической работе, власть стремилась использовать их опыт с тем, чтобы выйти из полосы политических и экономических кризисов.

Ньютон в должности хранителя, а с 1699 года директора Монетного двора был весьма успешен. Достаточно сказать, что свой пост он покинул только в 1725 году – всего за два года до смерти. При Ньютоне чеканка полноценной монеты, производимой Монетным двором, увеличилась в десять раз, изменилась и сама функция денег в экономике. Деньги перестали быть всего лишь средством осу-

ществления торговых операций, они превратились в важнейший инструмент национальной экономики.

Природа белого света

*Природа света – давний спор.
Два великана – Гете – Ньютон.*

*Вопрос неясен до сих пор
И окончательно запутан.*

Фазиль Искандер

Проблема белого света оказалась междисциплинарной, на «стыке» физики и физиологии. В каждом из трех столетий (восемнадцатом, девятнадцатом и двадцатом) она привлекала внимание выдающихся мыслителей своего времени.

Исааку Ньютону, впервые получившему спектр белого света, принадлежит множество выдающихся открытий в оптике. Ньютон провел классические опыты по интерференции света, впервые количественно описал цветные интерференционные полосы в зазоре между поверхностью линзы большой кривизны и стеклянной пластинкой. Эти интерференционные полосы в настоящее время известны как «кольца Ньютона».

Ньютон считал, что белый свет представляет собой смесь различных цветов. Это представление легко укладывалось в рамки корпускулярной теории света, согласно которой белый свет был смесью частиц – корпускул, движущихся с различными скоростями.

Естественно, Ньютону хотелось найти какое-то независимое подтверждение своей гипотезы о разных скоростях световых частиц «разных цветов». Он обращается к одному из наиболее известных астрономов конца XVIII века, первому директору Гринвичской обсерватории Джону Флемстиду (1646 – 1719) с просьбой провести тщательное наблюдение начала и конца затмений спутников Юпитера. Если «красные» корпускулы распространяются с наибольшей скоростью, а «фиолетовые» – с наименьшей, то после окончания затмения наблюдатель должен увидеть меняющуюся окраску спутника. Сначала спутник будет выглядеть красным, затем оранжевым и, наконец, фиолетовым.

В 1691 году Флемстид извещает Ньютона, что никакие наблюдения не выявили изменения окраски спутников Юпитера – ни в начале, ни в конце затмения. Это сообщение побудило Ньютона отказаться от гипотезы о различных скоростях световых частиц.

Гете против Ньютона

Гете, знаменитый автор «Фауста», считал себя выдающимся естествоиспытателем и посредственным поэтом. Противопоставляя свои наблюдения ньютоновским экспериментам, Гете в книге «Учение о цвете» (1810) описывал множество цветовых эффектов. При этом он не ставил эксперименты в том смысле, в котором ихставил Ньютон. Гете занимал иную позицию: он стремился к тщательному описанию того, что наблюдал.

Какие эффекты зрительного восприятия фиксировал Гете? Он замечал, что серое здание кажется красноватым, если смотреть сквозь зеленую штору, что если идти лугом при относительно ясном небе, то со всех сторон преобладает зеленый цвет, а стволы деревьев и тропинки кажутся красноватыми.

Биографы Ньютона упоминают имя Гете в основном с отрицательным оттенком. Указывается, что он выступал против проверенной в многочисленных экспериментах теории великого ученого и тем самым препятствовал научному прогрессу.

Любопытно, что в двадцатом столетии взгляды Гете приобрели определенную популярность – в первую очередь как альтернатива традиционным рациональным методам изучения природы. Фактически Гете отказывался принимать естественнонаучный метод, сформулированный в работах Галилея и Ньютона и предполагавший, что при изучении природного явления естествоиспытатель выделяет существенные и несущественные факторы в этом явлении, иными словами, создает его модель. Если при этом удается построить математическое описание явления, и предсказания математической модели совпадают с экспериментальными данными, то в изучении явления мы достигаем весьма существенного прогресса.

Что же Ньютон? Действительно ли он интересовался исключительно физическими моделями образования цветов и игнорировал происходящие при этом физиологические процессы? С одной стороны – да, и весьма любопытны его высказывания в связи с попытками объяснить прохождение цвета тел. «Не исключена возможность того, что со временем, при усовершенствовании микроскопов, может быть, удастся открыть частички тел, от которых зависит их цвет». Ньютон даже указывает увеличение, которое должен иметь микроскоп, чтобы человек смог увидеть «некоторые, самые большие из этих корпускул». Он считал, что для этих целей будет достаточно 500 или 600-кратного микроскопа. «При помощи же микроскопа,

увеличивающего в три или четыре тысячи раз, быть может, откроются все частицы, кроме тех, кои производят черноту». Излишне говорить, что увеличение мощности микроскопов никоим образом не отразилось на развитии физики цветовых явлений.

В то же самое время в переписке Ньютона и в его дневниках описано большое количество физиологических опытов по ощущению цветов, которые Ньютон ставил на себе. Пытаясь выяснить процесс формирования цветовых ощущений, Ньютон смотрел на солнце, затем переводил взгляд на темный угол комнаты и фиксировал возникновение в глазу цветных кругов. Более того, он подвергал себя весьма опасному эксперименту, засовывая булавку под глазное яблоко и опять же фиксируя появление цветных кругов перед глазами. По всей видимости, Ньютон отчетливо понимал, что возникновение цветов не сводится исключительно к физическим процессам, связанным с действием призмы на белый свет. Чем же объясняется тогда столь сильное стремление Ньютона объяснить все, что только возможно, чисто физическими процессами? Ответ не столь сложен – достаточно посмотреть, как было принято во времена Ньютона анализировать явления, происходящие в окружающем мире.

Ньютон прекрасно понимал, что прогресс в механике и оптике будет возможен только тогда, когда физика перестанет быть качественной и постепенно начнет обретать черты физики математической. Задача, стоявшая перед Ньютоном, сводилась к тому, чтобы – вслед за Галилеем – делать безусловной основой физики количественный эксперимент и математическое описание явлений.

«Развод» физики и психофизиологии зрения был необходимым условием прогресса в оптике. Только исключив проблему наблюдателя и его ощущений из сферы своих интересов, физики смогли открыть существование лучей, к которым человеческий глаз нечувствителен, например, инфракрасного и ультрафиолетового излучения, установить сходство между видимым светом и рентгеновским излучением (оба представляют собой электромагнитные волны), открыть конечность скорости света и т.п.

Что же касается спора Гете – Ньютон, то их исследования в определенном смысле относились к различным областям естествознания. Ньютон и его последователи фактически изучали физику оптических раздражителей, вызывающих цветовые ощущения. Гете же интересовала, выражаясь современным языком, психофизиология цветового зрения. Две эти сферы деятельности на самом деле дополняют друг друга.

Вопросы для размышления

1. Профессия и призвание – как соотносятся эти понятия? Совпадают ли призвание со способностями?
2. Если призвание есть у каждого, то почему не все его находят? И может ли меняться призвание в течение жизни?
3. Как вы понимаете слова Александра Круглова (Абелева) – сына российского ученого, биохимика, академика РАН, доктора биологических наук Г.И. Абелева: «Вопрос о призвании – это вопрос о твоей подлинности. Это вопрос именно о том, чем ты являешься на самом деле, независимо от того, как и кому это понравится и что тебе за это дадут. Ибо только твоя верность этому и может составить настоящее счастье; счастье – ведь это даже не то состояние, когда все общепризнанно хорошее «сбылось», а то, когда «сбылся» сам. К чему призван».
4. При всем разнообразии направлений, наука имеет общую цель – «выявление области возможного», что становится смыслом жизни огромного числа людей, связавших с ней как с профессией жизнь. Наука постоянно развивается, в нее приходят новые поколения. Меняется ли суть работы ученого? Какие качества ученого остаются непреходящими ценностями?
5. Результаты научных исследований сегодня реализуются в формировании глобальных коммуникационных сетей, в широком внедрении материалов со специальными свойствами, в достижениях технологий альтернативной энергетики, в развитииnano-, био-, информационных и когнитивных технологий. Каковы, на ваш взгляд, наиболее значимые достижения современной науки для дальнейшего развития человечества?

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
НАУЧНОЕ РУКОВОДСТВО КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
<i>Терехина А.В.</i> Моим ученикам	15
<i>Ермилин А.И., Ермилина Е.В., Лапин Н.И.</i> Учебная исследовательская и проектная деятельность школьника: общее и особенное	16
<i>Рейман А.М.</i> Простые рецепты успеха	32
ФИЗИКА	
<i>Алексеева К.А.</i> Обтекание тел различной формы потоком воздуха в аэроди- намической трубе	42
<i>Гитлина З.М.</i> Теневое эхо.....	46
<i>Дмитричева А.А.</i> Новый метод обнаружения морских течений по данным радиолокатора	52
<i>Долоскова Я.С.</i> Детектирование различных движений человека с помощью пьезоэлектрического акселерометра.....	57
<i>Ерухимова Н.В.</i> Преобразование оптических изображений в призме Дове ...	62
<i>Золотых А.Н.</i> Велосипедный компьютер на базе микроконтроллеров attiny2313, attiny13	67
<i>Зубкова А.И.</i> Создание портативного устройства для определения парамет- ров полупроводниковых элементов	71
<i>Калашников М.Г.</i> Исследование звукопроводящих свойств различных ве- ществ.....	77
<i>Камсков С.М.</i> Анализ особенностей поверхностного проявления следовых структур с использованием оптических изображений океана	79
<i>Ковалдов Д.А.</i> Моделирование установки для создания дождя и расчет ее характеристик	82
<i>Кочаровский Д.В.</i> Исследование процессов роста и оптических свойств кри- сталлов	87
<i>Нариманов А.И.</i> Исследование преломления светового луча стеклянной плоскопараллельной пластинкой	92
<i>Поляков А.С.</i> О механизме разрушения ствола дерева при ударе молнии	96
<i>Призенцов С.С.</i> Устройство для контроля и мониторинга параметров солн- ечной батареи на базе Arduino.....	102
<i>Разова А.А.</i> Исследование оптической анизотропии скотча	106
<i>Раянова Р.Р.</i> Ограничители тока на основе сверхпроводящих материалов	111
<i>Чекмарев Н.В.</i> Возможности стабилизации частоты излучения гиротрона..	116

<i>Юдин К.А.</i> Исследование зависимости оптической прозрачности среды от температуры	120
--	-----

АСТРОНОМИЯ

<i>Баландин В.Я.</i> Наблюдения Юпитера и его спутников. Метод Ремера как первый астрономический способ определения скорости света.....	124
<i>Северов Е.С.</i> Построение модели зонда для изучения атмосферы Венеры	128

ХИМИЯ

<i>Баскин Н.Р.</i> «Морской женщина» – исследование состава ламинарии и его влияния на здоровье человека	132
<i>Гиричева М.А.</i> Синтез органических производных сурьмы и висмута с салициловой и ацетилсалициловой кислотой	136
<i>Глявина А.М.</i> Сравнительная характеристика кремния и германия	138
<i>Иванова Д.В.</i> Определение количественного содержания нитрат-ионов в сокосодержащих напитках.....	141
<i>Ильичев А.С.</i> Исследование термодинамических характеристик и физико-химических свойств ПАМА- C_{60} с различным содержанием фуллерена	145
<i>Козлова А.М.</i> Исследовательский способ изучения свойств катализатора. Влияние массы катализатора на скорость реакции	150
<i>Княжицкий Д.А.</i> Исследование кислотно-основного взаимодействия в растворах электролитов методом кондуктометрии	154
<i>Лившиц Г.Д.</i> Исследование термодинамических свойств сложного фосфата каркасной структуры $Rb_2FeTi(PO_4)_3$	158
<i>Полонецкий Д.А.</i> Исследование деградации тонкой пленки SiO_2 , нанесенной на кристаллы KDP	161
<i>Сорокин П.А.</i> Оценка качества результатов измерения pH с помощью портативного pH-метра	164
<i>Сороколетова Н.А.</i> Исследование толщины просветляющих покрытий в процессе деградации пленок золь-геля.....	169

БИОФИЗИКА И БИОЛОГИЯ

<i>Аляева И.Д.</i> Определение импеданса картофеля	172
<i>Анисимова О.А.</i> Исследование порфиразиновых хромофоров как агентов для фотодинамической терапии в эксперименте <i>in vitro</i>	178
<i>Базанов Д.А.</i> Экспериментальное исследование температуры фазового перехода (необратимой денатурации) белков куриных яиц	182
<i>Баскаков Е.Ю.</i> Сравнительный анализ клеточной гибели в нормальных и опухолевых культурах	189
<i>Богородицкая Е.Д.</i> Обоснование возможности распространения вариабельного потенциала высших растений в соответствии с электрической гипотезой	192

<i>Коган А.А.</i> Флуоресцентные молекулярные роторы на основе порфиразинов как сенсоры локальной вязкости.....	197
<i>Краснокутский А.И.</i> Разработка чувствительного элемента детектора наличия флуорофора в биоткани.....	203
<i>Соколов И.С.</i> Влияние различных концентраций азотобактера на состояние проростков пшеницы.....	207
<i>Яковлева В.Р.</i> Влияние малых концентраций гербицида «Глифоса» на физиолого-биохимические показатели проростков пшеницы	211

ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА И МАТЕМАТИКА

<i>Галчина А.С.</i> Создание интерактивной карты «География «Центра одаренных детей».....	216
<i>Горищенкова А.С.</i> Исследование свойств листа Мебиуса	219
<i>Малахова А.С.</i> Создание модели Солнечной системы. Расчет параметров перемещения космических тел	222
<i>Малышев А.А.</i> Компьютерное моделирование обобщенных войны и мира. 226	
<i>Молодецкий А.А.</i> Компьютерное моделирование интерференции волн в пространстве с препятствиями	229
<i>Пономаренко В.А.</i> Геометрическое представление разложения числа на сумму квадратов	232
<i>Федотов И.А.</i> Модель планирования прибыльных маршрутов городского автобусного транспорта и ее практическое применение	237

НАУКА КАК ПРИЗВАНИЕ И ПРОФЕССИЯ

<i>Гапонов-Грехов А.В.</i> Научная работа – своеобразное дело!	243
--	-----

ЛЕКЦИИ НИЖЕГОРОДСКИХ УЧЕНЫХ

<i>Булюбаш Б.В.</i> Исаак Ньютон: взгляд из XXI столетия	253
--	-----

Вопросы для размышления	261
-------------------------------	-----

Научное издание

Школа юного исследователя

Сборник исследовательских работ учащихся

Выпуск 9

Подписано в печать 26.09.16. Формат 60x84/16
Усл. печ. л. 15,40. Тираж 500 экз. Заказ № 912.

Издание и печать «Издательский салон» ИП Гладкова О.В.
603022, Нижний Новгород, Окский съезд, 2, оф. 501
тел./факс: (831) 439-45-11; тел.: (831) 416-01-02