

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

Нижегородский научный центр РАН

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 8

Нижний Новгород
2015

УДК 371
ББК 74.200я43
Ш67

Ш67 **Школа юного исследователя:** сборник исследовательских работ учащихся — Н. Новгород: Гладкова О.В., 2015. — ISBN 978-5-93530-289-4.
Вып. 8 / Под общ. ред. А.И. Ермилина, Е.В. Ермилиной. — 192с.
ISBN 978-5-93530-437-9.

Под общевой редакцией
кандидата педагогических наук
А.И. Ермилина,
кандидата педагогических наук
Е.В. Ермилиной

e-mail: ermilin-aleksandr@mail.ru

Рецензенты:

доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ИПФ РАН,
профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева *В.Ф. Вдовин,*
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник ИПФ РАН
Т.А. Яхно,
кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ИПФ РАН
А.М. Рейман,
кандидат химических наук, старший преподаватель ННГУ им. Н.И. Лобачевского
Е.В. Елиашев

Рисунки *Д.В. Пьянзина*

Сборник статей по результатам исследовательской деятельности школьников и исследовательские работы учащихся – призеров X региональной естественнонаучной конференции школьников «Школа юного исследователя», прошедшей в марте 2015 года в ИПФ РАН.

ISBN 978-5-93530-437-9 (вып. 8)
ISBN 978-5-93530-289-4

© ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», 2015

© Оформление. Гладкова О.В., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

2015 год вошел в историю науки как международный год света и световых технологий. Выбор, сделанный Генеральной Ассамблеей ООН в пользу такого решения, неслучаен – на 2015 год пришелся ряд важных круглых дат, относящихся к науке о свете.

Другое немаловажное научное открытие, отметившее в этом году свое столетие, – общая теория относительности. Сто лет назад 25 ноября 1915 года Альберт Эйнштейн представил заключительный доклад в серии из четырех сообщений, посвященных данной теории. Сегодня общую теорию относительности повсеместно используются в астрономических расчетах и инженерных приложениях.

За прошедшие с тех пор 100 лет жизнь человека изменилась, и важная роль в этом принадлежит науке. Основным научным прорывом XX века стало развитие электроники. Проведение международного года света, по задумке ООН, призвано развивать световые технологии и привнести преобразования в XXI век, подобные тем, которые привнесла электроника в ХХ век.

Развитие общества, и науки в частности, во многом определяется уровнем развития образования, степенью его мобильности и актуальности. «Наука должна быть самым возвышенным воплощением отечества, ибо из всех народов первым будет всегда тот, который опередит другие в области мысли и умственной деятельности», – писал еще в XIX веке основоположник микробиологии и иммунологии Луи Пастер. Императив науки в развитии государства и общества провозглашали многие ученые. «Наука необходима народу. Страна, которая ее не развивает, неизбежно превращается в колонию», – утверждал французский физик, Нобелевский лауреат 1935 года Фредерик Жолио-Кюри.

Российская наука благодаря талантам и самоотверженному труду ее ученых всегда была одной из самых сильных и передовых частей мировой науки. Именами великих российских ученых украшены страницы истории науки. Как не только сохранить, но и развить передовые позиции отечественной науки? Ответ на этот вопрос во многом связан с подготовкой и воспитанием нового поколения научных работников. Будущее науки и общества в целом за теми, кто сегодня только осваивает азы науки за школьными партами, проводит свои первые учебные исследования. От того, какие условия мы создадим для их становления, зависит то, какой будет наша стра-

на завтра. При этом система поиска одаренных детей и их обучения должна быть как можно более адресной и постоянной. Обучение талантливых детей – всегда процесс индивидуальный и штучный. И пусть не все, кто пробует сегодня себя в роли исследователя, завтра придут работать в научные коллективы, но они на всю жизнь сохранят уважение к науке, понимание ее ценности и важности.

Уважение власти к науке во многом определяется признанием науки в обществе. Для развития передовой науки необходима передовая общественность. Становление и развитие этой социальной группы сложнее, чем обучение отобранной талантливой молодежи для научной работы или создание больших исследовательских институтов. Ее становление предполагает объединение широких слоев населения, связанных с научной работой, активизацию в обществе интереса к науке, заинтересованность общества в распространении научного метода в разных сферах жизни.

Наука – это трудный и трудоемкий процесс, работа коллективов, состоящих из людей различных профессий – исследователей, конструкторов, инженеров, программистов, технических специалистов. Чтобы уважать науку, необходимо уметь объективно оценивать ее достижения, определять познавательную силу научного достижения, независимо от его непосредственного практического значения. Об этом еще в 1961 году говорил российский физик, академик, лауреат Нобелевской премии по физике 1978 года П.Л. Капица.

Воспитание передовой общественности начинается с воспитания подрастающего поколения. Чем лучше оно будет владеть научными методами познания, тем больше внимания к своей работе встретят научные работники в обществе. Поэтому ученые всегда придавали огромное значение работе со школьниками, студентами. Это общение, как правило, происходит за рамками школьного обучения, в сфере дополнительного научного образования школьников, которое предполагает не только обмен научными знаниями и способами научной деятельности, но и передачу ценностей и смыслов научной картины мира между сообществом ученых и подрастающим поколением.

Сегодня в российском обществе вновь поднята проблема воспитания молодежи. На разных уровнях обсуждается роль образовательных учреждений и семьи в этом процессе. Вызвано это, прежде всего, задачами воспитания патриотизма и новым осознанием Россией своей государственности и суверенитета. В ряде дискуссий звучат типичные заблуждения об утрате сферой образования идей и форм вос-

питания, утверждается, что в 1990-е гг. в период общей деидеологизации воспитательный элемент практически полностью ушел из образования, что образовательные учреждения превратились исключительно в место приобретения учащимися знаний, и эта практика оказалась не эффективной, что государство должно вернуться в сферу, где долгое время играла роль лишь семья.

Воспитательный элемент в работе образовательных учреждений всегда был и остается актуальным. В ситуации экономических и политических реформ изменились ценности процесса воспитания. Способность системы образования принять идеи строительства единой нации, патриотического и гражданского воспитания говорит о высоком воспитательном потенциале отечественной школы. Необходимо только помнить, что свобода выбора форм воспитательной работы нужна «для», а не свобода «от» (Эрих Фромм).

Уважение к стране может возникнуть только как результат всего общественного уклада жизни, а не отдельных показательных мероприятий. Формулирование неких «российских ценностей» возможно только с возрождения гордости за труд сельскохозяйственных работников, ученых, учителей, врачей и прочих категорий тружеников, не приносящих быстрой прибыли. У нас же любая здравая идея, будь то патриотическое воспитание или популяризация здорового образа жизни, превращается в свою противоположность. Пропаганда порнографии, ВИЧ, наркотиков, экстремизма, терроризма и пр. подменяет собой пропаганду знаний, физкультуры, творчества!

«Истинный патриотизм не в восхвалении своей родины, а в работе на ее пользу и в исправлении ошибок», – утверждал Петр Леонидович Капица¹. Воспитание нового поколения научной элиты российского общества требует не деклараций, а конкретных действий системного характера. Патриотизм ученого заключается в любви к своей родине, в плодотворном научном труде на благо людей. «Национальной науки нет, как нет национальной таблицы умножения», – писал А.П. Чехов. Язык науки, как и язык искусства, объединяет народы и государства. Любое достижение национальной научной школы обогащает мировую науку. В науке нет места сепаратизму и национализму. Научное мировоззрение содержит идеи ценности человеческой жизни, уважение к человеку и природе, признание

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.

человека частью природы, объективность, воспроизводимость, доказательность и точность научных знаний.

Главное преимущество труда ученого заключается в том, что это творческий труд. А творчество, будь то научное творчество, или творчество в искусстве, предполагает самостоятельное мышление. Именно эта ценность научного труда имеет громадное воспитательное значение в работе с подрастающим поколением, так как любая профессия становится привлекательной и интересной, если в ней присутствует элемент творчества, которое понимается как деятельность без точной инструкции, когда человек должен сам решать, как ему поступать. Человек, способный мыслить самостоятельно, способен анализировать и оценивать события и факты. Мыслить и действовать самостоятельно, иметь собственную точку зрения и отстаивать ее всегда сложно, проще принять мнение другого, более сильного, пойти проверенным путем, поступить «как все», «как принято». Научное мышление предполагает, что ничего не принимается на веру, все факты проверяются и находят свое подтверждение, и только после тщательной всесторонней проверки принимаются как истинные, а все суждения и выводы строятся на основе прошедших научную проверку фактов. Лишь о человеке, имеющем самостоятельное мышление, проникшимся с рождения глубоким и искренним пониманием себя как части народа, его культуры и истории можно говорить, как о патриоте своей Родины. Патриотично уважать и знать историю своей страны и ее место в мировой истории, не умалляя достижений других стран и народов, гордиться национальными успехами и ценить их вклад в мировое развитие. Воспитание научного мировоззрения – это воспитание патриотичности.

Наука воспитывает уважение к другим людям, так как успех одного зависит от работы сотен других. Выдающиеся научные достижения опираются на труд множества людей. В науке имеется много менее общих, но важных задач, без решения которых невозможно продвинуться вперед, совершив научные открытия мирового значения. Например, Нобелевская премия 2012 года по физике была присуждена французу Сержу Арошу и американцу Дэвиду Вайнленду. Они сыграли главную роль в грандиозном достижении экспериментальной физики – контроле над квантовым состоянием отдельных элементарных частиц. Открытие это было сделано в несколько этапов, растянувшихся на треть века, и стало возможным благодаря созданию высокодобротных резонаторов, применяя которые фотоны

перешли в категорию «частиц», над которыми можно проводить разнообразные опыты. Создание высокодобротных резонаторов –казалось бы, совершенно техническое достижение – открыло перед физиками новый раздел фундаментальной науки – квантовую электродинамику резонатора, что позволило изучить переход от квантового к классическому поведению частиц. Так достижения одних ученых стали возможными благодаря труду других, и без признания этого труда развитие в науке невозможно.

«Присутствуя на аспирантских экзаменах, я обычно наблюдал, что вузовской профессурой наименее высоко ценится не тот студент, который более всего понимает, а тот студент, который больше всего знает. А для науки нужны люди, которые прежде всего понимают. Поэтому отобрать студентов из вуза в аспирантуру на экзаменах очень трудно. Чтобы правильно отобрать обещающих аспирантов, надо наблюдать их в продолжение некоторого отрезка времени, когда они заняты такой работой, на которой могли бы проявить свою творческую жилку, свое умение самостоятельно мыслить», – уверял П.Л. Капица. Такой работой является самостоятельная исследовательская деятельность. Она помогает выявить склонных к научной деятельности молодых людей еще в период школьного обучения.

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). В этом ценность самостоятельной исследовательской деятельности для школьников.

Хотя об исследовательской деятельности школьников в настоящее время существует достаточно много публикаций, она остается в каждом случае явлением индивидуальным и уникальным. Именно поэтому важно поддерживать высокий научный уровень и статус оценки работы как школьника, так и его научного руководителя.

В 2015 году в Институте прикладной физики РАН прошла юбилейная X региональная естественнонаучная конференция школьни-

ков. Расширилась география участников конференции, увеличилось их число. В оргкомитет конференции было подано 155 исследовательских заявок из 30 школ Нижнего Новгорода и 27 школ Нижегородской области. Конференция проходила в дни весенних школьных каникул на базе научно-образовательного комплекса ИПФ РАН. Работали секции физики, астрофизики, химии, биологии, прикладной информатики и математики. С докладами выступили 92 школьника из Нижнего Новгорода, Арзамаса, Богородска, Бора, Городца, Заволжья, Дзержинска, Павлова, Кстова, Сергача, п. Выездное Арзамасского района, с. Ушаково Гагинского района и с. Михайловское Воротынского района Нижегородской области. Конференция прошла при активном участии естественнонаучных факультетов ННГУ им. Н.И. Лобачевского. 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, принялшим ребят в лабораториях института и приоткрывшим для них секреты научной работы.

Юные исследователи представили свои работы жюри в составе: ст. преподаватель кафедры общей физики радиофизического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, к.ф.-м.н. П.Д. Агрба; н.с. ИПФ РАН Г.П. Волков; д.ф.-м.н., профессор, зав. лаборатории ИПФ РАН В.Е. Запевалов; с.н.с. ИПФ РАН, к.х.н. Н.Л. Ермолаев, с.н.с. ИПФ РАН, д.ф.-м.н. И.В. Зотова, н.с. ИПФ РАН, к.ф.-м.н. И.А. Капустин; м.н.с. ИПФ РАН В.Ю. Климанов; с.н.с. ИПФ РАН, к.ф.-м.н. С.А. Корягин; в.н.с. ИПФ РАН, зам. руководителя Отделения нелинейной динамики и оптики по научной работе, д.ф.-м.н. И.Ю. Костюков; к.ф.-м.н., с.н.с. ИПФ РАН Е.Р. Кочаровская; д.ф.-м.н., с.н.с. ИПФ РАН В.А. Кукушкин; доцент кафедры численного и функционального анализа Института информационных технологий, математики и механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского, к.ф.-м.н. Н.В. Кротов; д.ф.-м.н., зав. лаб. ИПФ РАН, председатель Нижегородского регионального отделения общества «Знание» А.В. Лапинов; н.с. ИПФ РАН, к.ф.-м.н. Д.С. Макаров; доцент кафедры физиологии и биохимии человека и животных Института биологии и биомедицины ННГУ им. Н.И. Лобачевского, к.б.н. А.А. Миронов; н.с. ИПФ РАН, к.ф.-м.н. С.Ю. Миронов; м.н.с. ИПФ РАН А.А. Мурзанев; доцент кафедры гигиены труда НГМА, к.б.н. М.М. Некрасова, к.ф.-м.н., с.н.с. ИПФ РАН А.М. Рейман; д.х.н., в.н.с. ИПФ РАН В.И. Родченков; с.н.с. ИПФ РАН, д.ф.-м.н., декан факультета ВШОПФ ННГУ им. Н.И. Лобачевского К.И. Рыбаков; н.с. ИПФ РАН, к.ф.-м.н. А.А. Соловьев; д.х.н.,

в.н.с. ИМХ РАН В.В. Семенов; м.н.с. ИПФ РАН С.Е. Стукачев; к.ф.-м.н., н.с. ИПФ РАН С.Е. Фильченков; м.н.с. ИПФ РАН О.В. Шемагина; д.б.н., в.н.с. ИПФ РАН Т.А. Яхно. Лучшие доклады участников конференции представлены в данном сборнике.

Большую организационную работу по подготовке и проведению региональной конференции выполнил оргкомитет конференции, в состав которого входили: В.Ф. Вдовин – ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, д.ф.-м.н., профессор НГТУ им. Р.Е. Алексеева, В.В. Кочаровский – ведущий научный сотрудник ИПФ РАН, член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н., А.И. Малеханов – ведущий научный сотрудник, заместитель руководителя Отделения геофизических исследований по научной работе ИПФ РАН, к.ф.-м.н., А.М. Рейман – старший научный сотрудник ИПФ РАН, к.ф.-м.н., Е.А. Хазанов – заместитель директора, руководитель Отделения нелинейной динамики и оптики, член-корреспондент РАН, д.ф.-м.н.

Данный сборник будет интересен читателю не только представленными работами начинающих исследователей, но и практическими советами руководителям работ школьников, обобщенных профессором кафедры словесности и культурологии ГБОУ ДПО «Нижегородский институт развития образования», доктором педагогических наук А.М. Фирсовой. Анализ успешного опыта организации исследовательской деятельности детей на базе общеобразовательной школы в Дзержинске Нижегородской области представлен народным учителем РФ Л.В. Пигалицыным. Примером жизни, посвященной науке, является статья доцента НГТУ им. Р.Е. Алексеева, кандидата физико-математических наук Б.В. Булюбаша о лауреате Нобелевской премии по физике 1958 года Павле Алексеевиче Черенкове. Особой темой сборника стала тема взаимоотношений науки и искусства. Ей посвящена лекция «Формулы искусства», прочитанная школьникам доцентом кафедры рисунка и живописи ННГАСУ, кандидатом архитектуры О.Н. Чеберевой.

«Жизнь показывает, что новое чаще всего создается научной молодежью, молодыми учеными и, чтобы они могли успешно развивать новые направления в науке, нужно их поддерживать. Чаще всего им мешает робость, которая мешает преодолеть скептицизм консервативного окружения. Поэтому молодому ученому обычно очень важна моральная поддержка, она даже более важна, чем материальная поддержка». Эти слова П.Л. Капицы тем более справедливы по отношению к совсем юным, начинающим исследователям. Для них

особенно важно внимание ученых к их работе. Возможно, что от этой оценки зависит их дальнейший путь: конференции и научные конкурсы – это возможность для школьников общаться с учеными на равных как исследователь с исследователем, почувствовать «вкус» исследовательской работы.

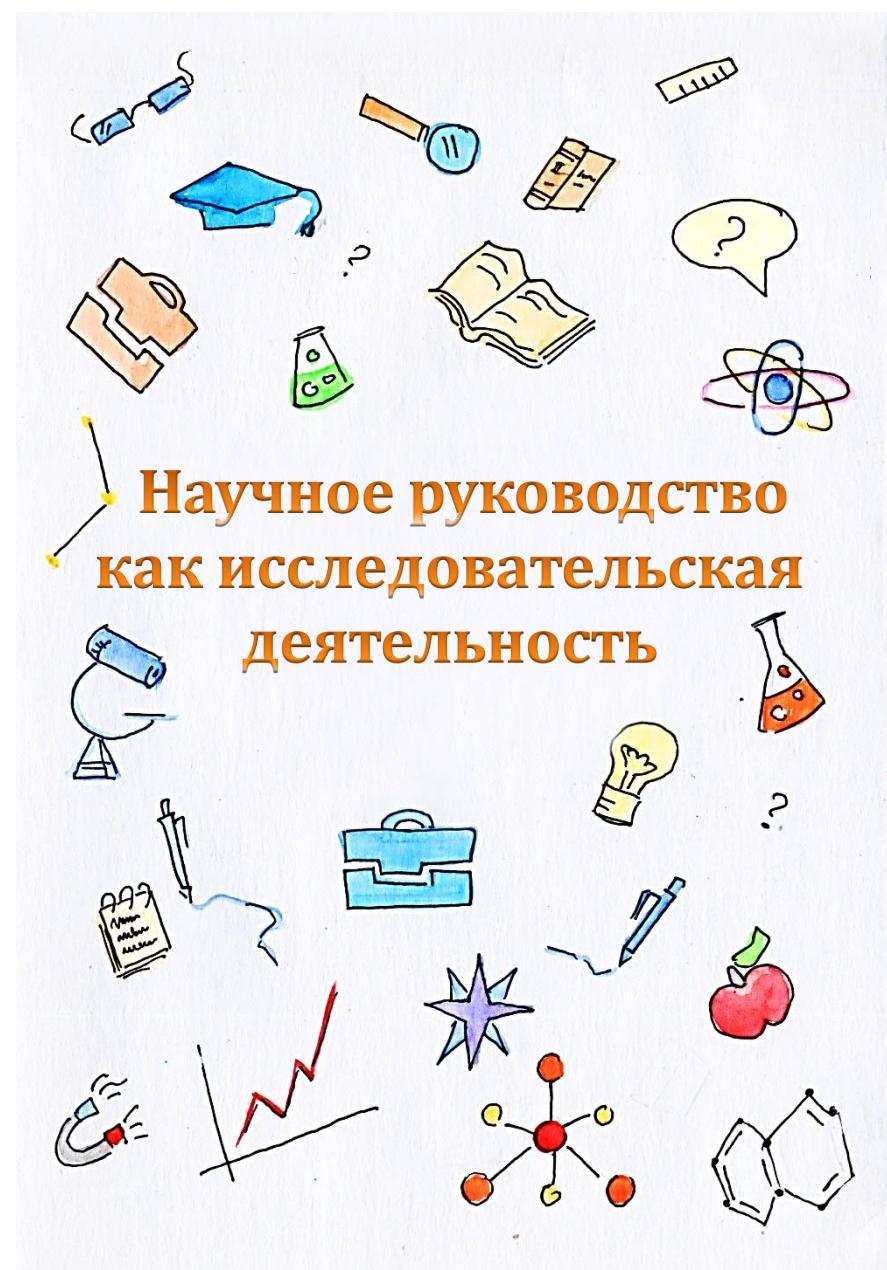
Выражаем огромную благодарность педагогам, руководителям школьников, научным сотрудникам академических институтов и вузов, принимавшим участие в большой работе, итогом которой стал данный сборник. Надеемся, что материалы данного сборника помогут школьниками и педагогам найти ответы на многие волнующие их вопросы. Желаем юным исследователям – участникам юбилейной X региональной естественнонаучной конференции «Школа юного исследователя» не останавливаться на достигнутом рубеже, ведь будущее науки – это их будущее. А значит и наше с вами будущее. Именно они являются образцами активной социальной позиции и реализации образовательной парадигмы, отвечающей современному информационному обществу: «Я САМ!».

A.I. Ермилин,

кандидат педагогических наук, зав. отделом ИПФ РАН

E.B. Ермилина,

кандидат педагогических наук, зам. зав. отделом ИПФ РАН



Научное руководство как исследовательская деятельность

Не занимайся наукой со звериной серьезностью, науку надо делать весело и красиво, иначе нечего в нее и соваться.

Николай Владимирович Тимофеев-Ресовский (1900 – 1981),
российский биолог, генетик, один из основоположников популяционной и
радиационной генетики

В науке должно искать идеи. Нет идеи, нет и науки. Знание фактов только потому и драгоценно, что в фактах скрываются идеи: факты без идей – сор для головы и памяти.

Виссарион Григорьевич Белинский (1811 – 1848),
русский литературный критик

Поиск истины важнее, чем обладание истиной.

Альберт Эйнштейн (1879 – 1955),
один из основателей современной теоретической физики,
лауреат Нобелевской премии по физике (1921)

Самое важное и трудное в организации науки – это отбор действительно наиболее творчески одаренной молодежи и создание тех условий, при которых ее талант мог бы быстро развернуться в полную меру. Для этого нужно уметь оценивать творческие способности у молодежи, когда она только начинает свою научную работу.

Когда наша школа воспитывает молодежь, она ценит большие послушание, чем талант. Что было бы в нашей школе с Ломоносовыми? Может быть, уже многие из них отфильтровались от науки нашей школой?

Наука должна быть веселая, увлекательная и простая. Таковыми же должны быть и ученье.

П.Л. 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



Путеводитель

*Как не сбиться с верного пути,
По стране науки есть путеводитель?
Кто поможет к знаниям идти?
Для этого нужен УЧИТЕЛЬ.*

*Как же терпение не растерять,
Основу познав мироздания,
В глубины науки себя погружать?
Для этого нужно СТАРАНИЕ.*

*А если не учат теперь в институте
Выстраивать действий четкий план,
Через детали дойти до сути?
Для этого нужен ТАЛАНТ.*

*Откуда же знаний набрать объем
И навыков их применения?
Информацию как отыскать обо всем?
Для этого нужно ЧТЕНИЕ.*

*Если рядом учитель и книг горы,
Желание есть и старание тут,
Одна эта фраза должна стать опорой:
Основа успехов в науке есть ТРУД.*

Быть педагогом

*Быть педагогом – это непросто,
Нужно быть в курсе всего непременно,
Уметь отвечать на любые вопросы!
Понятно, уверенно, грамотно, верно.*

*Быть педагогом – значит быть чутким,
Каждому место в сердце ища,
День ото дня до последней минутки
Науке и детям себя посвящать.*

*Быть педагогом – значит быть строгим,
Но справедливым и добрым в меру,
Многое знать, увлекаться многим,
Во всем и всегда являться примером.*

*Быть педагогом – значит быть юным,
Чтобы душа летела на крыльях,
Потоки идей интересных и умных
Воплощать – делать сказку былью.*

*Быть педагогом – гореть, не сгорая,
Опытом, мудростью щедро делиться.
Искру познания в сердцах разжигая,
Увидеть одухотворенные лица.*

*Быть педагогом – так что это значит?
В жизнь претворять уметь чудеса?
Быть педагогом – большая удача!
Награда – признание в детских глазах.*

Направления развития дополнительного научного образования школьников: вчера и сегодня



Е.В. Ермилина

кандидат педагогических наук,
Институт прикладной физики РАН

А.И. Ермилин

кандидат педагогических наук,
Институт прикладной физики РАН

Современное научоведение рассматривает науку в трех контекстах: как социальный институт, как форму общественного сознания и как социальную деятельность. В определенный исторический период один из контекстов науки становится ведущим, определяет пути решения практических задач в различных сферах: социальной, биологической, образования, техники и т.д. В современном образовании наука прежде всего представлена как социальный институт с отдельными от общего образования целями и функциями.

Образовательная цель науки как социального института состоит в формировании исследовательской элиты в научной области. Сторонники такого подхода к взаимодействию науки и образования считают, что важнейшая «основополагающая идея элитной подготовки состоит в том, что достигаемое при этом погружение студентов в атмосферу научного института (начиная с младших курсов), помимо повышения качества образования, является сильнейшим фактором привлечения молодежи в науку» [4, с. 163].

Дополнительное образование ориентировано, как показывает анализ исторического опыта, на науку как форму общественного сознания. Общая функция науки в таком контексте – быть основой целесообразной и полезной деятельности, что предполагает реализацию познавательных, культурно-воспитательных и практических задач. Поисковая, исследовательская деятельность школьников в

условиях дополнительного образования создает условия для формирования научного мировоззрения и исследовательского поведения.

До 1917 года дополнительное образование детей определялось как внешкольное образование. Затем до начала 1990-х гг. употреблялись термины «внешкольная работа», «внешкольное воспитание», «внешкольные учреждения». Закон РФ об образовании (1992) ввел в научный оборот термин «дополнительное образование детей».

История развития исследовательской деятельности школьников сопровождалась становлением в России, начиная с 1918 года, системы дополнительного образования, когда по инициативе профессора Б.В. Всесвятского в Москве, в Сокольниках, открылось первое государственное внешкольное детское учреждение – Станция юных любителей природы (с 1920 года – Биостанция юных натуралистов им. К.А. Тимирязева). С этого времени внешкольное образование было включено в общую систему народного просвещения, а инициатива в организации дополнительного научного образования детей перешла от общественности к государству.

Страна остро нуждалась в образованных технических кадрах, способных в кратчайшие сроки вывести Россию из разрухи, поэтому основное внимание в дополнительном научном образовании школьников в этот период уделялось развитию сети учреждений технического творчества и моделирования. А.В. Луначарский, выступая в 1919 году с идеей внешкольного технического образования, утверждал: «Человек должен развертывать свое научное творчество возможно шире, ибо на этом дереве и растут плоды, которыми потом будут все питаться... Мы должны заботиться, чтобы ... как можно больше людей постепенно поднималось ... до умения работать в области науки, до совершенно свободного творчества» [5, с. 371]. Н.К. Крупская, обсуждая проблемы политехнического образования, писала: «Мне кажется, что очень большую роль может сыграть система внешкольных кружков. Только работу этих кружков надо поставить иначе. Недопустимо превращать их в продолжение классных занятий... Кружки, правильно поставленные, помогают дифференциации детских интересов, углублению их и могут весьма и весьма сильно облегчить для подростка проблему выбора профессии» [3, с. 381].

В этот период была создана широкая сеть детских профильных учреждений: технические и сельскохозяйственные станции (Москва, 1926), детские железные дороги (Тбилиси, 1934), детская водная станция (Архангельск, 1935), детская автотрасса (Москва, 1937), детский

сахарный завод (Винница, 1937), детский керамический завод (Харьков, 1938), отделы науки и техники при Дворцах пионеров. В поздравлении с 10-летием в 1936 году первой детской технической станции академик С.И. Вавилов писал: «Всюду, во всем культурном мире перед нами налицо бесспорный подъем научно-технического исследования, ранее невиданный и имеющий громадные социально-экономические последствия... Для дальнейшего очень большого роста и расширения советской науки и техники требуется многое, но, прежде всего, необходимы новые люди, новые научные работники разных квалификаций, начиная от препараторов и лаборантов и кончая ответственными руководителями лабораторий и институтов» [2, с. 151].

Способствовали развитию дополнительного научного образования школьников в 1930-е годы конкурсы журнала «Знание – сила». В 1938 году на третьем Всероссийском конкурсе был рассмотрен 621 проект, авторами которых в основном были школьники 14–16 лет [2, с. 154].

В 1939 году прошла первая Всесоюзная химическая олимпиада, весной 1940 года в Москве – первая Всесоюзная конференция юных техников. В программе конференции были выступления юных авторов оригинальных проектов, создателей спортивных авиамоделей, установивших мировые рекорды. К весне 1941 года в стране действовали 1038 станций юных техников. Война и послевоенная разруха приостановили работу в этом направлении. В годы войны деятельность внешкольных учреждений, станций юных техников, клубов была направлена на подготовку специалистов для фронта и оборононой промышленности, на реальную помощь взрослым. На станциях юных техников были организованы курсы подготовки радиостроителей, мотористов, телефонистов, мотоциклистов, наблюдателей ПВХО, выполнялись заказы для фронта.

Исследовательское движение школьников активно возобновилось в 1950 – 60-е годы. В этот период широко распространились школьные организации Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов. В 1966 году в Москве состоялся первый Всероссийский слет юных рационализаторов и конструкторов. В программе слета была и выставка технического творчества, организованы посещения предприятий и НИИ столицы. Академик Б.Е. Патон на страницах журнала «Юный техник» писал: «У мальчишек зоркие глаза и умелые руки. Иной раз диву даешься, насколько просты и остроумны их самоделки – впору завидовать взрослым инженерам. Увидят мальчишки: дворник поливает газон. Тяжелая струя воды

ломает хрупкие растения. А нельзя ли сделать так, чтобы вода разбрызгивалась равномерно? И вот уже ласковый душ умывает зелень. Где-то на дороге забуксовала машина. А что, если сделать такое приспособление – закрепить под кузовом ящик с песком? Надавил педаль – и песок посыпается под колеса... Мальчишки и учебники читают как-то по-особенному. Прочитают, как работает гальванический элемент, и обыкновенная редиска в их руках может стать источником электричества... В наше время вовсе не достаточно иметь документ об окончании школы, техникума, даже института, чтобы считать себя хорошим специалистом. Нужно научиться работать, мыслить. Полюбить творчество. Изобретать – это свойство человека, которое сочетает в себе любознательность, умение взглянуть на вещи так, как никто еще до тебя не смотрел. И наконец, упорство в желании увидеть изделие своих рук в работе. Это свойство обязательно пригодится в жизни, какую бы профессию вы ни выбрали» [6].

Определились основные направления и формы научно-технического творчества школьников:

- спортивно-технические кружки в форме школьной организации ДОСААФ (спортивное моделирование и технические виды спорта);
- производственно-технические кружки и объединения юных рационализаторов и конструкторов на базе мастерских школ и учреждений дополнительного образования в форме первичных организаций Всероссийского общества изобретателей и рационализаторов;
- научно-технические кружки и экспериментально-исследовательская работа в форме научных обществ учащихся (НОУ) на базе учебных кабинетов школ и учреждений дополнительного образования при поддержке вузов, НИИ и академической науки.

Появление научных обществ учащихся в России связано с политической «оттепелью» 60-х годов XX века. Их основу первоначально составляли научно-технические общества (НТО). К концу 1954 года в стране действовало двадцать одно отраслевое НТО. Их учебно-исследовательская деятельность проводилась на базе производственных предприятий, вузов и НИИ при активном содействии местных партийных организаций. В начале 1960-х годов активизировались разнообразные школьные кружки, школьные клубы по интересам.

В 1956 году в Керчи был открыт первый в стране профильный лагерь «Юный техник», а в апреле 1963 года в Крыму на базе областной станции юных техников была основана Малая академия

наук (МАН) «Искатель», объединившая двенадцать городских и районных станций юных техников. Создание МАН «Искатель» было поддержано президентом Академии наук Украины академиком АН СССР Б.Е. Патоном на страницах газеты «Юный ленинец». Решением Президиума академии наук Украины для оказания шефской помощи МАН «Искатель» были определены институты: кибернетики, органической химии, математики, материаловедения и др. В практической работе шефская помощь осуществлялась в виде постоянных контактов сотрудников этих институтов с руководителями секций и учащимися МАН на зимних сессиях и летних лагерных сборах [1, с. 30].

К середине 1960-х годов наметился значительный рост числа внешкольных учреждений, которые широко развернули разнообразные заочные формы работы с учащимися, проявляющими повышенный интерес к поисковой и экспериментально-исследовательской работе. В Татарской, Удмуртской, Северо-Осетинской автономных республиках, в Свердловской, Псковской, Кировской, Костромской, Челябинской областях активно действовали телевизионные клубы любителей астрономии, физики, математики, химии и технического творчества. В 1964 году в Курске начал работать заочный университет школьников «Знать и уметь» на базе сельскохозяйственного института.

Обобщение опыта работы школьных научных обществ показало, что для юного исследователя важно иметь хорошего наставника. Почти все, что может интересовать школьника, можно взять из книг, но ничто не заменит постоянного общения с увлеченным человеком, который учит мыслить, постоянно анализировать ход и направленность развития деятельности. Одним из показателей результативности занятий в научных обществах стал выбор сферы деятельности после окончания общеобразовательной школы.

Введение Минпросом РСФСР факультативов по основам наук в целях создания условий для углубленного изучения наук в школе содействовало активизации деятельности школьных научных обществ. Другим фактором, способствовавшим росту количества кружков на базе школьных кабинетов физики, химии, математики и школьных мастерских в 1960 – 80-е годы, было ежегодное проведение Всероссийских олимпиад юных физиков, химиков, математиков, а также политехнических олимпиад. В школах проводились конференции научных обществ учащихся, выступления на которых сопровождались демонстрацией опытов, действующих приборов, моделей, динамических и электрифицированных схем и таблиц. Местные га-

зеты постоянно публиковали материалы о работе юных конструкторов, рационализаторов, исследователей.

Развитие научных обществ учащихся в советский период поддерживалось Академией наук и государством. В ряде городских научных обществ занятия юных исследователей проходили на базе местных вузов и НИИ. Так, в Нижегородском городском научном обществе учащихся занятия секции физиков проводились на кафедре общей физики Нижегородского университета под руководством кандидата технических наук С.Б. Бирагова. Юными физиками были подготовлены такие работы, как: «Получение голограмм», «Лазерная спектроскопия», «Модель гидроакустического локатора». Ежемесячно школьники издавали Информационный бюллетень. Хорошей традицией в работе научных обществ были летние сборы актива, в которых принимали участие ведущие специалисты местных вузов и НИИ.

Несмотря на то, что к середине 1970-х годов в России действовали десятки школьных и городских научных обществ учащихся, среди специалистов не было единства в понимании их целей и задач. По инициативе директора Центральной станции юных техников России И.И. Брагинского началась подготовка первого Всероссийского слета актива научных обществ, который состоялся в Москве в 1975 году. Тогда в стране действовало 318 научных обществ учащихся и малых академий наук.

1 апреля 1977 года совместным постановлением Минпроса СССР, ЦК ВЛКСМ, ВС НТО и ВО «Знание» было утверждено типовое «Положение о научном обществе учащихся». Так инициатива педагогов-энтузиастов дополнительного научного образования школьников постепенно превратилась в государственную программу.

В июле 1979 года в Челябинске состоялся Второй Всероссийский слет актива научных обществ учащихся. К этому времени в стране работало около 3000 научных обществ; в их разнообразной деятельности условно выделяют следующие направления: поисковая, краеведческая деятельность; теоретическая исследовательская деятельность; экспериментально-исследовательская деятельность; конструктивно-продуктивная деятельность. В научных объединениях прошлого века школьники учились работать с научной литературой, отбирать, анализировать, систематизировать информацию, выявлять и формулировать исследовательские проблемы, проводить лабораторные и виртуальные исследовательские эксперименты, обрабатывать и анализировать полученные результаты, грамотно оформлять научную работу.

Обобщая 40-летний опыт работы МАН «Искатель», И.И. Брагинский, являвшийся одним из ее создателей, отметил, что «существует объективная потребность в создании внешкольных просветительских организаций, дополняющих учебную и воспитательную работу массовой школы; Малая Академия наук (научное общество учащихся), объединяющая творчески одаренных школьников с различными интересами в единой организации, представляется одной из наиболее эффективных форм внешкольных учреждений». И далее: «Интеграция в одну систему учащихся с различными склонностями и интересами позволяет избежать ранней специализации, сохраняет интерес к общечеловеческим и гуманитарным ценностям». Участвуя в исследованиях в лабораториях вузов, НИИ, вычислительных центров, опытных станций, школьники попадают в «естественную форму организации работы», которая «способствует получению навыков в проведении наблюдений, обработки и анализа результатов, подготовки докладов, участию в дискуссиях, а также профориентации и закреплению интересов школьников» [1, с. 38].

Таким образом, в течение многих лет трудом сотен энтузиастов была создана культура исследовательской деятельности учащихся, объединившая разнообразные формы и методы ее организации: от олимпиад и конкурсов до научных обществ и конференций.

С разрушением Советского Союза была разрушена и система дополнительного научного образования в стране.

Характерной чертой развития современного общества является возрастание темпа изменений. Мы живем в мире, который совсем не похож на тот, в котором мы родились. Этот мир мы называем миром знаний. 90% ученых, когда-либо живших на Земле, – наши современники. От производства первого листа бумаги до издания первой книги прошло тысячелетие, а от изобретения лазера до начала его использования – несколько месяцев. Чтобы получить 50 миллионов пользователей радио, потребовалось 38 лет, телевидению втрое меньше – 13 лет, а Интернету еще в три раза меньше времени, всего четыре года. Сегодня молодого человека окружает в два раза больше новых вещей, чем его родителей в том же возрасте. Сегодняшним школьникам предстоит работать по профессиям, которых пока нет, использовать технологии, которые еще не созданы, решать задачи, о которых мы можем лишь догадываться.

Они – не такие как мы, и даже не такие, как дети еще десять, даже пять лет назад. Они – «поколение Z», дети цифрового XXI века, –

поколение, родившееся во времена глобализации и постмодернизма, для которого интернет не ограничивается домашним компьютером и может быть доступен в любой момент благодаря новым мобильным телефонам или карманным электронным устройствам. Их родителей – «поколение миллениума» называют «цифровыми иммигрантами», так как в их детстве подобных технологий не было.

При этом увеличение количества технических устройств в нашей повседневной жизни не ведет к росту и распространению научных знаний в обществе. В сознании людей господствует интеллектуально-иждивенческая позиция: зачем знать, как устройство работает, зачем ремонтировать сломавшийся прибор, если проще купить новый?

В состоянии ли мы сегодня «изобрести колесо»?

Кто хранитель и носитель научных знаний?

В чем суть образования сегодня?

И какие ресурсы имеются у дополнительного научного образования школьников, чтобы выйти на новый, соответствующий особенностям современного ребенка, уровень?

Литература

1. *Брагинский И.И.* Малая академия наук Крыма «Искатель» // Наука и молодежь: Сборник материалов Российской открытой научно-практической конференции «Мотивационно-ценностные подходы привлечения молодежи в науку» / Под. ред. Л.Ю. Ляшко. – Обнинск, 2004. – 194 с.
2. *Горский В.А.* Живое образование. – М.: ООО «ПРИНТ», 2007. – 341 с.
3. *Крупская Н.К.* Полное собрание сочинений. Т. 2. – С. 381–382.
4. *Литвак А.Г., Токман М.Д.* Подготовка специалистов в области точных наук в условиях базового факультета института РАН // Подготовка научных кадров в Российской Федерации. Состояние, перспективы развития. – Нижний Новгород, изд-во Нижегородского ун-та, 2002. – С. 162 – 164.
5. *Луначарский А.В.* Задачи внешкольного образования в советской России // О воспитании и образовании. – М., 1976. – С. 371.
6. Юный техник. 1967. № 10.

Научное руководство как педагогическая деятельность

Фирсова Анна Михайловна

профессор кафедры словесности и
культурологии ГБОУ ДПО «Нижегородский
институт развития образования»,
доктор педагогических наук



В современной, мгновенно изменяющейся информационной среде окружающего мира, как никогда прежде, в иные эпохи, постоянно требуется научное исследование всех происходящих в нем процессов и закономерностей. Можно смело утверждать, что именно этими явлениями и обусловлена насущная потребность привлечения учащихся уже на уровне общеобразовательной школы к научно-исследовательской деятельности.

Чем раньше школьники приобщаются к научной среде, тем легче в дальнейшем развивать у них способности к научному поиску и овладению основными логическими приемами исследования, к которым относятся следующие:

- развитие способности к аналитическому сопоставлению и сравнению, к экстраполяции и ассоциативному мышлению;
- развитие современной поливалентной логики, обусловливающей существование внутренней противоречивости всех объектов исследования, их динамику и процессуальность происходящих с ними явлений;
- формирование умения определять основные свойства объектов и явлений, отделять их от второстепенных, обосновывать свои суждения и опровергать ложные выводы, излагать свои мысли последовательно и аргументированно;
- развитие способности определять системный характер любой проблемы и включать ее в общий контекст проблемного поля той или иной области знания;
- формирование навыков определения различных подходов к решению научной проблемы и осуществления обоснованного выбора путей ее решения;
- развитие навыков восприятия содержания научных высказываний, их интерпретации, умения формулировать аргументы и контраргументы в научной беседе, ситуациях научного общения (полемика, дискуссия).

Значительную роль в формировании и развитии таких умений и навыков играет педагог – руководитель исследовательской работы.

Важно, чтобы сам научный наставник учащегося в достаточной степени овладел методикой подготовки научного исследования, так как для руководства исследовательской работой нужны специфические знания, умения и навыки и, что является главным – определенный склад мышления, которые не зависят напрямую от методики преподавания учебной дисциплины.

Педагог, принимающий на себя роль руководителя исследовательской работой школьника, обязан глубоко осознавать меру творческой ответственности за качество работы, претендующей на статус научной. И на данном этапе деятельности у педагога может возникнуть ряд противоречий, требующих разрешения.

В настоящее время в повседневную практику образовательных учреждений разного уровня достаточно широко вошли различные семинары и конкурсы, проводимые с целью выявления определенных способностей учащихся, на которых основными формами работы выступают индивидуальные проекты, эссе и т.д.

Научный руководитель – педагог и учащийся – автор школьной исследовательской работы должны четко представлять форму, в которой будут представлены результаты их научной деятельности: проект или научное исследование. Две эти формы научной работы учащихся, несмотря на общие черты, существенно отличаются друг от друга.

Школьный проект представляет собой практическую реализацию некоего теоретического положения в определенной модели – материальной или информационной. Проект, как правило, ориентирован на достижение конкретного результата, имеющего ограничения с точки зрения условий, ресурсов, места и времени реализации и т.д. Для него характерно составление плана, реализация пошаговой программы создания (конструирования) модели, а также последующая оценка.

Научное исследование, в отличие от проекта, содержит в себе логическую аргументацию выдвинутых автором утверждений, теоретических положений, обоснование и защиту авторской концепции (гипотезы) на определенный процесс, факт или явление.

Необходимо избегать отождествления проекта и исследования. Школьное исследование может быть двух разновидностей:

а) формулировка теоретического положения или утверждения, которое необходимо обосновать;

б) работа, в которой общезвестное теоретическое положение получает дополнительную авторскую аргументацию, выстроенную самим школьником.

Таким образом, можно утверждать, что исследование приобретает новизну, а учащийся демонстрирует способность к самостоятельному научно-исследовательскому поиску.

При определении типа научной работы руководитель должен понятно и в достаточной степени доступно объяснить школьнику, что процесс научного творчества является творческим поиском ранее неизвестного и доказательством этого факта или в научной сфере, или в области практического применения. Следует признать, что одним из главных требований к любой научной работе или, как в данном случае, исследовательской работе учащегося, является новизна.

Другой немаловажной составляющей руководства исследовательской работой учащегося выступает способность определить, выделить и осмысливать проблемный характер материала, анализируемого в ходе исследования.

Таким образом, руководитель должен ясно представлять различия между «вопросом» и «проблемой», поскольку к «вопросам» относится та область научного знания, которая является уже вполне известной. «Проблема» же представляет собой именно те вопросы, на которые еще не найдены «ответы», поскольку от ответов на данные вопросы в научной мысли зависят как новые теоретические постулаты, так и практические решения. В связи с этим в исследовательской работе учащегося должны быть четко обозначены подходы и методы, а также направления исследования, применяемые автором при решении проблемы, сформулированной в исследовании.

Начинающему исследователю, как правило, затруднительно сформулировать проблему, поэтому задача научного руководителя – помочь ему в этом, не смешивая разные виды проблем. Следует также отметить, что в представлении учащихся информационно-познавательная проблема нередко воспринимается как научно-исследовательская. Научному руководителю стоит акцентировать внимание юного исследователя на том, что информационно-познавательная проблема в процессе обучения – это некий «пробел» в знаниях автора исследования, а не новое слово в науке и практике.

Исследовательский характер школьной исследовательской работе придает авторское несогласие с существующей позицией, утвер-

ждением, решением. Автор предлагает иное решение, либо оригинальное, либо уточняющее прежний способ решения проблемы.

Именно на основе этого утверждения вытекает формулировка второй задачи руководителя исследовательской работы учащегося – обеспечение проблемного научного характера работы. Руководителю необходимо свободно ориентироваться в научном поле нерешенных проблем в данной области знания.

Исследовательской может считаться работа, в которой могут быть лишь обозначены способы решения проблемы, дана классификация актуальных направлений научного поиска, представлен их сравнительный анализ с указанием возможных достоинств и недостатков, высказана авторская критика, аргументирована необходимость поиска других путей и средств решения проблемы.

Следующее важное требование, предъявляемое к научной работе – обоснование актуальности исследования, предполагающее наличие в изучаемой проблеме не менее трех составляющих: своевременности, теоретической и практической значимости представленного исследования.

Важнейшая задача руководителя исследования состоит в помощи учащемуся в определении объекта и предмета исследования. Под объектом понимается процесс или явление, представляющие собой часть целого, сложного системного образования, который необходимо мысленно выделить из системы и рассмотреть как самостоятельный существующий компонент.

Предмет исследования представляет собой ту грань исследуемого объекта, в котором автором работы обнаружено нечто новое, неизвестное, противоречивое, что породило у него потребность что-либо проверить, опровергнуть или утвердить, что и определяет дальнейшее направление научно-исследовательского поиска.

Таким образом, хорошо сформулированное название работы, обозначение цели, задач, гипотезы зависит от четкого определения предмета исследования.

Определение объекта и осмысление предмета исследования, обозначение темы даст возможность ясно представить цель исследования. А цель исследования предполагает ответ на вопрос: для чего, собственно, предпринимается исследование.

Формулировка и осмысление целей исследования представляет собой начальный этап работы, на котором педагогу принадлежит

ведущая роль. Достижение цели работы путем выполнения предложенного в исследовании алгоритма деятельности во многом зависит от степени компетентности руководителя в исследуемой (преподаваемой) области знания.

Поэтому роль педагога состоит также и в том, чтобы актуализировать информационный тезаурус школьника, оценить возможности и способности учащегося, помочь сформулировать и решить задачи исследования. При постановке задач необходимо учитывать следующие значимые аспекты:

- 1) задачи должны соответствовать цели исследования, решаться в границах научного поля исследуемого предмета, а также выстраиваться последовательно и носить конкретный характер;
- 2) педагог должен направлять учащегося при выстраивании структуры работы, чтобы она соответствовала всем выдвинутым задачам;
- 3) необходимо объяснить юному исследователю, что решение поставленных задач в определенной последовательности представляет собой логическое обоснование гипотезы исследования. Для достижения этого нужно предложить учащемуся мысленно сопоставить решение задач в работе и полученные результаты с подтверждением или опровержением выдвигаемой гипотезы, что позволит сделать выводы и результаты исследования более убедительными.

В основной части содержания работы должны подробно освещаться методики и технологии, применяемые в проводимом исследовании, описываться отдельные элементы исследования, приводиться анализ и классификация данных по определенным критериям, обобщаться результаты.

В заключительной части работы формулируются логически обоснованные выводы, содержащие то новое и аргументированное, что составляет научные результаты исследования.

По окончании исследования педагогу – руководителю учащегося необходимо помочь автору достойно оформить исследовательские результаты, как правило, представляемые в виде выводов. В исследовательской работе школьного уровня могут быть выводы двух видов: выводы по итогам решения каждой выдвинутой задачи и общие выводы по результатам исследования.

Необходимо обратить внимание юного исследователя на то, что выводы в работе необходимо согласовывать с проблемой исследования, с выдвинутой гипотезой, поставленной целью и задачами.

В конце исследования нужно тщательно составить библиографический список, в который следует включать только те печатные источники, которые имеют непосредственное отношение к работе. Что же касается ссылок на электронные ресурсы, то их также следует оформить в соответствии с существующими требованиями, то есть они должны включать ссылку на авторов идей и электронных текстов.

Таким образом, руководство исследовательской работой учащегося требует от педагога-руководителя серьезного уровня знаний и методической подготовки, несомненного интереса к исследуемой области научного знания, значительных организационных усилий и временных затрат, терпения и оптимизма, которые в дальнейшем будут вознаграждены научными успехами юных исследователей.

Учебно-исследовательские работы школьников – залог успеха науки XXI века

Пигалицын Лев Васильевич

методист Поволжского центра
аэрокосмического образования (ПоЦАКО),
народный учитель РФ



России нужны интеллектуальные кадры. «Инновационную элиту» нужно выращивать, и это уже понятно всем. Сравнительно длительное время единственным своеобразным инкубатором для выращивания будущей научной элиты были предметные олимпиады различного уровня – от школьной до международной. Но наряду с олимпиадниками у нас очень много школьников, которые хотят что-то делать своими руками, экспериментировать и проводить самостоятельные научные исследования. В связи с этим появилось второе направление работы с талантливыми детьми – учебно-исследовательская деятельность школьников.

На первом этапе становления учебно-исследовательской деятельности школьников работы носили чисто реферативный характер. Это было то время, когда не было Интернета и школьникам для написания работы приходилось работать в библиотеках с литературными источниками. С появлением Интернета ситуация коренным образом изменилась, так как у школьников появилась возможность скачивать с различных сайтов интересующую их информацию и, зачастую, даже не вникая в ее суть, чуть отредактировав, выдать ее за собственную работу. В связи с этим члены жюри научных конкурсов школьников запретили подавать на конкурс реферативные работы.

Таким образом, начался второй этап становления учебно-исследовательских работ – работы стали носить чисто исследовательский характер с соответствующим экспериментом, обработкой результатов экспериментов, выводами и т.п. И вот на этом этапе у научных руководителей школьников стали возникать серьезные проблемы, связанные с методикой работы с учащимися в процессе выполнения работ. Это происходило потому, что ученики, которые приходили к научному руководителю, были неподготовленными к проведению эксперимента и вообще к исследовательской деятельности. Поэтому работать с талантливыми учащимися в этом направлении нужно еще в школе и, желательно, начиная с младших классов.

Для учащихся участие в научной школьной работе служит нескольким целям: во-первых, самоутверждению; во-вторых, выявлению потенциальных способностей; в-третьих, научная работа учит школьников грамотно ставить задачи, осмысливать методы исследования, правильно представлять результаты своей работы, умению за отведенное регламентом время излагать суть своей работы.

Всю тематику школьных исследований по физике можно разделить на две части. Одни исследования повторяют и, возможно, углубляют школьный учебный материал. Доклады авторов таких работ рекомендуется заслушивать только на заседаниях секции школьной конференции.

Другая группа исследований имеет элемент научных поисков, выходящих за границы школьной учебной программы. Такие работы учащихся можно заслушивать не только на школьных научных конференциях, но и представлять на городские или областные научно-практические конференции учащихся.

Эта классификация определяется сутью научных работ школьников. Важно, чтобы у школьников не сложилось ложное представление о научной работе вообще, поэтому корректнее называть работы школьников не научными, а учебно-исследовательскими.

Вполне естественно, что после завершения своей учебно-исследовательской работы для творческой самореализации школьнику хочется выступить с защитой своей работы на научных конференциях школьников. В настоящее время научных конференций различного уровня – от школьной до международной – для школьников проводится достаточно много.

Основные этапы подготовки школьников к учебно-исследовательской деятельности, на наш взгляд, должны состоять из трех основных этапов: начальная школа, среднее звено, старшие классы. В качестве примера рассмотрим работу своеобразного школьного инкубатора талантов – Клуба Юных Физиков (КЮФ), который был создан в школе № 2 г. Дзержинска Нижегородской области в 1964 году. Клубная форма работы по физике оказалась настолько жизнеспособной, что этот клуб отлично работает и в настоящее время. Девиз клуба: «Бороться и искать, найти и не сдаваться».

Основой клуба была работа по секциям. Вначале в клубе были только две секции – теоретическая и техническая. Через некоторое время они были реорганизованы в секции теоретической и экспери-

ментальной физики. Когда в летнее время члены клуба стали совершать водные походы на катамаранах собственной конструкции, появилась секция фото- и киносъемки – Кино-фотостудия «Русь». Школьники 5 – 7-х классов, которых интересовала радиоэлектроника, попросили создать для них секцию «Радионяня», занятия в которой вели старшеклассники.

В настоящее время КЮФ состоит из «Малого КЮФ» для учащихся начальных классов и среднего звена и «основного» КЮФ для старшеклассников.

В «Малом КЮФ – начальная школа» занимаются школьники 1 – 4-х классов. Руководят их работой члены Малого КЮФ из числа учащихся среднего звена. На этом этапе школьники учатся пользоваться поисковыми системами Интернета для собирания материала по предложенным им темам, выполнять простейшие реферативные работы и наблюдать различные физические и астрономические явления с последующим описанием. Школьники этого возраста с увлечением занимаются различными конструкторами. При этом их творческую фантазию можно направить в нужное для руководителя русло – предложить им собрать какую-либо оригинальную конструкцию.

Учащиеся 3 – 4-х классов начинают проводить простейшие исследования. Например, после того, как их научат измерять температуру воды, некоторым из них предлагается задача по изучению изменения температуры воды при ее нагревании. При выполнении этой работы они должны заполнить таблицу значений времени наблюдения и температуры воды, построить график зависимости температуры воды от времени и проанализировать его. А потом всеми доступными им средствами искать ответ на вопрос: «Почему во время кипения воды температура не повышается?». В заключение они учатся правильно оформлять свою работу.

Безусловно, что никаких научных открытий для человечества они не сделают, так как уровень их деятельности – ретроинновационный, но личные открытия они сделают.

Многие школьники этого возраста любят наблюдать различные астрономические явления. Учащиеся под руководством педагога периодически посещают Нижегородский планетарий, встречаются с космонавтами и учеными, работающими в области астрономии.

В «Малом КЮФ – среднее звено» занимаются учащиеся 5 – 7-х классов. Руководят их деятельностью старшеклассники из «основ-

ного» КЮФ. Они знакомят ребят с различными разделами физики, с основами электроники, учат паять, собирать несложные электрические схемы, выполнять презентации в программе Power Point.

На открытых заседаниях КЮФ члены «Малого КЮФ» демонстрируют свои конструкции, занимательные физические эксперименты, знакомят членов КЮФ с интересными астрономическими явлениями, которые они находят на сайтах «Астронет», «NASA» и т.п.

Наиболее продвинутые школьники начинают заниматься учебно-исследовательскими работами на ретро-инновационном уровне.

Старшеклассники в КЮФ занимаются в трех секциях: физика, компьютерная радиоэлектроника, астрофизика. Практически вся работа в этих секциях сводится к серьезной учебно-исследовательской деятельности школьников. Научным руководителем в 8 – 9-х классах является учитель. В 10 – 11-х классах для наиболее серьезных работ, требующих серьезного оборудования и настоящего научного сопровождения, мы подбираем научных руководителей из числа ученых, аспирантов и студентов нижегородских научно-исследовательских институтов (ИПФ РАН, ИФМ, ГИФТИ) и вузов (ННГУ, НГТУ). Проблем с подбором научных руководителей практически не бывает, так как ими становятся преимущественно бывшие члены КЮФ.

Уровень исследовательской деятельности школьников в этом сегменте – инновации и реже – ретроинновации.

На занятиях секций физики школьники создают экспериментальные установки для учебно-исследовательских работ, проводят на них эксперименты, выступают с защитой своих работ на открытых заседаниях секции.

На практических занятиях секции компьютерной радиоэлектроники школьники знакомятся с датчиками для измерения физических величин, способами подключения их к компьютеру и создания программного обеспечения для этих датчиков на языках «Pascal» и «Delphi». Каждый член секции разрабатывает один из блоков школьной компьютерной цифровой лаборатории, создаваемой для демонстрационного и лабораторного экспериментов по физике.

Секция астрофизики – это, пожалуй, самая популярная секция клуба, в работе которой принимают участие практически все члены КЮФ с 1-го по 11-й класс. Они готовят к каждому открытому заседанию этой секции красочные презентации о различных космических объектах и проектах по освоению космического пространства.

Многие члены этой секции увлекаются астрофотографией. В архиве клуба хранится много фотографий астрономических явлений, сделанных членами секции.

На практических занятиях с помощью телескопа изучаются поверхность Луны, солнечные пятна, наблюдаются солнечные (частичные) и лунные затмения, доступные в нашем городе.

Большую роль в формировании будущих ученых играют и физико-математические лагеря им. Н.С. Талалушкина, «Лазурный», а также Космическая смена в лагере «Орленок» в Анапе.

Результаты работы КЮФ: более 100 выпускников КЮФ после окончания вузов и аспирантуры стали кандидатами наук и около 50 – докторами наук. Самое замечательное заключается в том, что они вос требованы мировой и российской наукой.

В качестве примера рассмотрим результаты последних лет. В 2007 году состоялся первый конкурс РОСТ, в котором приняли участие школьники. От КЮФ в конкурсе приняли участие ученики 10-го класса Михаил Свечников и Иван Кашин. Они представляли проект «Мобильная метеостанция» и в номинации для школьников «Первый успех» заняли второе место. Такой результат не был случайным. Михаил занимался в КЮФ с 5-го класса, и уже в 6-м классе он собирал довольно сложные электронные устройства, используя для их настройки различные генераторы и осциллографы.

В конкурсе РОСТ-2009 приняло участие 8 членов КЮФ. Большой успех выпал на долю учениц 10-го класса Торопкиной Антонины и Храпуновой Лилии – они стали победителями конкурса и жюри выдвинуло их в финалисты международного конкурса Intel ISEF-2010, который состоялся в США в г. Сан-Хосе, столице Силиконовой долины. Вместе с ученицей Школы юного исследователя ИПФ РАН Анастасией Шайкиной девочки получили «Малую Нобелевскую премию» на международном конкурсе Intel ISEF-2010.

Во всех следующих конкурсах РОСТ принимали участие члены КЮФ. Ученица 9-го класса Широкова Екатерина заняла I место в секции «Физика» и была номинирована на премию Президента по поддержке талантливой молодежи, а ученики Васильев Олег и Широков Иван получили поощрение в этой же секции. И эти награды не являются случайностью – все трое занимаются в КЮФ с 5-го класса. Они были лауреатами Всероссийского конкурса «Мой город, Космос и я» и ежегодно показывали отличные результаты на школьных и городских олимпиадах по физике и астрономии.

В заключение отметим, что все победы школьников на олимпиадах и конкурсах по физике и астрономии – это заслуга нашего Клуба Юных Физиков, которому в этом году исполнится 51 год.

В настоящее время основная работа в Нижегородской области по организации научно-исследовательской деятельности школьников проводится:

- по линии STEM – Нижегородским научно информационным центром (ННИЦ) при Доме ученых и Лабораторией педагогического мастерства Поволжского центра аэрокосмического образования;
- по линии ШЮИ – Школой юного исследователя Института прикладной физики РАН (ИПФ РАН);
- по линии школьных, районных, городских и вузовских НОУ.

Позитивным является то, что исследовательскую деятельность учащихся включили в новые ФГОС, так как это означает, что у учебно-исследовательской деятельности учащихся большое будущее, а как следствие – большое научное будущее России и, безусловно, учителя внесут определенный вклад в это действительно нужное для страны дело.

$$V_0 = \frac{A}{h}$$

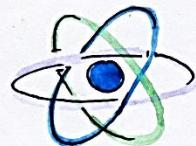
↑

Δt

δ

$$d = \frac{N}{L}$$

ω

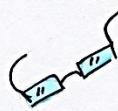


$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_2 - V}{V - V_1}$$

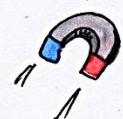


$$q = C_U$$

ρ



$$\vec{Q} = \frac{\vec{J}}{\pi / \tau U}$$



123



$$\Delta Z = \frac{2}{R}$$



$$E = mc^2$$

Физика

↑

δ

↑



δ

δ



δ

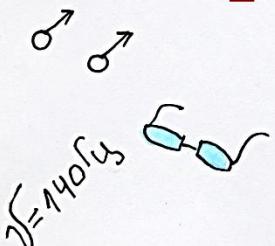
δ

δ

δ

δ

Δt



ABC

δ

$$\sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$



δ

δ

δ

Численное моделирование и исследование динамики развития нейритов

Батанина Любовь Константиновна
11 класс, лицей № 38, ШЮИ ИПФ РАН
Научный руководитель В.И. Миронов,
младший научный сотрудник
ННГУ им. Н.И. Лобачевского



В результате работы, основанной на современном научном понимании биофизических механизмов, играющих ключевую роль в развитии отростков нервных клеток, предложена феноменологическая модель роста нейронной сети. Выполнена программная реализация полученной модели с использованием аналитического решения для обыкновенных дифференциальных уравнений. Проведено исследование модели по сравнению с существующими аналогами, представленными в научной литературе.

Моделирование и реконструкция структуры и функций нейрональных сетей мозга являются в настоящее время одним из актуальных направлений теоретических исследований в нейронауке. Возможности современных суперкомпьютерных технологий и прогресс в экспериментальных нейробиологических исследованиях позволяют ожидать уже в ближайшем будущем создания компьютерных моделей, способных воспроизводить динамику нейронных систем мозга с высокой степенью биофизической детализации.

Несмотря на обилие экспериментальных подходов к исследованию сигнализации и динамики нейронных сетей мозга, ключевые механизмы формирования межнейронных связей, лежащие в основе обработки информации в норме и патологии, остаются не до конца изученными. Математическое моделирование в данной области обеспечивает более полный и глубокий взгляд на недоступные для эксперимента проблемы.

В настоящее время существует достаточно много биофизических моделей, учитывающих большое количество различных факторов. Для каждого из них, как правило, используется одно или несколько уравнений, но многие из них описываются частными производными, что делает невозможным применение таких моделей для построения крупномасштабных сетей. В данной работе предлагается феноменологическая модель. Ее задача состоит в том, что не вдаваясь в дета-

ли, она может воспроизвести динамику роста нейронной сети. На текущем этапе модель формирования клеточной морфологии учитывает динамические процессы удлинения и ветвления отростков нервной клетки.

Целью данной работы являлось создание динамической идеализированной нейронной сети, моделирующей рост нейритов (отростков нервных клеток). Построенная ранее стационарная модель роста нейрита обладала достаточно простой динамикой и не требовала сложной системы дискретизации отростка, которая применялась во многих аналогичных моделях. А результаты, полученные с ее использованием, согласовывались с результатами моделей, приведенных в литературе. Указанные преимущества позволяют сделать следующий вывод: полученную модель можно использовать для построения новой феноменологической модели, которая описывает динамическое образование межнейронных связей за счет вещества, синтезируемого в теле нервной клетки с учетом ветвления нейритов.

Для реализации ветвления применялся следующий подход. Во время развития отростка определяются вероятности ветвления для каждого из терминальных сегментов в зависимости от их общего числа. Вероятность определяется по следующим формулам:

$$C_{n_i} = \frac{1}{n_i} \sum_{k=1}^{n_i} 2^{-S_{y_k}}, \quad P_i = \frac{n_i^{-E} B_\infty e^{-\frac{t}{T}(e^{\frac{\Delta t}{T}} - 1)2^{-S}}}{C_{n_i}},$$

где C_{n_i} определяет зависимость вероятности ветвления от расстояния терминального сегмента до сомы клетки, P – вероятность ветвления, n_i – число сегментов, доступных для удлинения, γ – количество ветвлений, Δt – временной шаг, S показывает, какой именно отросток ветвится, E – показатель разветвления, B_∞ – основной параметр ветвления, T – время конца ветвления. Для запуска механизма ветвления нейрита проверили выполнение двух условий. Во-первых, выполнялась проверка возможности роста: концентрация строительного белка тубулина в терминальной части отростка должна быть больше критической концентрации – минимального значения, доступного для удлинения нейрита. Минимальное значение определяется соотношением:

$$C_{kp} = C_0 e^{-\frac{\tau L}{V_{at}}} = \frac{\beta}{\alpha},$$

где L – длина отростка, α и β – соответственно константы ассоциации и диссоциации тубулина, τ – скорость деградации, V_{at} – скорость активно-

го транспорта, C_0 – величина концентрации тубулина в проксимальной части отростка. Во-вторых, на каждой итерации расчета динамики развития отростка разыгрывалось случайное событие ветвления. Значение, полученное в результате вызова функции генерации случайных чисел, сравнивалось с рассчитанной вероятностью ветвления для терминального сегмента отростка. В случае, если оно оказалось меньше рассчитанного значения, происходило ветвление отростка.

В результате работы была написана программа, моделирующая развитие отростка, которая выдавала значение длины каждого из сегментов нейрита и его порядок. Полученные данные позволили построить гистограмму распределения длин нейрита в зависимости от их порядка (рис. 1).

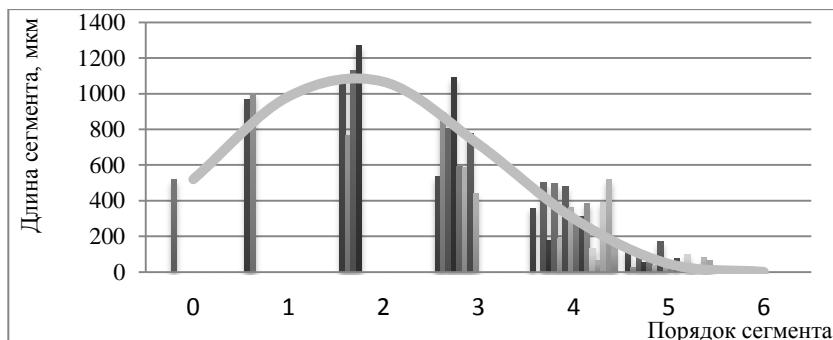


Рис. 1. Гистограмма распределения длин отростка в зависимости от порядка ветвления

Отметим, что предложенная модель виртуальных сетей, основанная на эволюции роста, позволяет не только формировать нейронные сети с различным ветвлением, определяемые начальными условиями и изменениями в процессе роста, но и позволяет изучать изменения морфологической структуры сети под воздействием различных факторов (например, лекарственных препаратов) в процессе роста.

Динамическая модель роста нейритов не уступает аналогичным моделям, приведенным в научной литературе. Полученные результаты количественно и качественно согласуются с экспериментальными данными.

В работе описан новый подход для виртуального моделирования процессов роста и формирования морфологической структуры нейрональных сетей мозга. Представленная динамическая модель

развития нейритов основана на параметрических стохастических функциях для роста нейритов и их ветвления. Функции разработаны таким образом, что охватывают базовые биологические принципы развития нейронов, а именно конкуренцию между конусами роста за строительный белок, вероятность зависимости ветвления от расстояния между конусом роста и сомой, также учитывается, что скорость экспоненциально убывает с течением времени. Значения параметров оптимизированы и численно согласуются с экспериментальными данными, и таким образом отражается количественная оценка этих биологических принципов в феноменологической модели.

В перспективе остается работа по созданию математической модели нейронной сети с изменяющейся конфигурацией, способной воспроизводить основные режимы сигнализации, но пока эта задача остается нерешенной. Но уже сейчас при использовании суперкомпьютерных технологий возможно моделирование молекулярно-клеточных аспектов влияния препаратов на нейроны, в частности на навигацию нейритов и дальнейшие процессы, связанные с формированием синоптических контактов.

Литература

1. Schierwagen A., Claus C. Dendritic morphology and signal delay in superior colliculus neurons // Neurocomputing, 2001, 38 – 40, 343.
2. Ascoli G.A., Krichmar J.L. L-Neuron: a modeling tool for the efficient generation and parsimonious description of dendritic morphology // Neurocomputing, 2000, 32, 33. P. 1003 – 1011.
3. Butz M., Lehmann K., Dammasch I., Teuchert-Noodt G. A theoretical network model to analyse neurogenesis and synaptogenesis in the dentate gyrus // Neural Networks, 2006, 19. P. 1490 – 1505.
4. Van Pelt J., Van Ooyen A., Uylings H. The need for integrating neuronal morphology databases and computational environments in exploring neuronal structure and function // Anatomy and Embryology, 2001b, 204. P. 255 – 265.
5. Dent E.W., Gertler F.B. Cytoskeletal dynamics and transport in growth cone motility and axon guidance // Neuron, 2003, 40. P. 209 – 227.

Речное цунами и безопасность для населения и сооружений, расположенных вдоль русел рек

Воскобойникова Анастасия Альбертовна
11 класс, МБОУ СОШ № 45, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Г.А. Байдаков,
младший научный сотрудник ИПФ РАН



Экспериментально исследованы условия формирования волны прорыва в случае обрушения плотины гидротехнического сооружения, зависимости характеристик такой волны от начальных условий. Показано, что волна прорыва может описываться в рамках солитонного приближения. Предложен метод, позволяющий на основе данных о размере водохранилища и характере русла ниже по течению прогнозировать характеристики возможной волны для реальных объектов.

В мире есть большое количество плотин и дамб. При этом всегда существует опасность их обрушения из-за техногенной аварии, наводнения, паводка или человеческого фактора. При быстром обрушении плотины образуется волна прорыва, но ее не учитывают в современных системах защиты населения и предприятий, расположенных ниже по течению [1]. Для совершенствования этих систем необходимо знать характеристики волн для каждого конкретного случая.

Мы смоделировали волну прорыва на лабораторной установке, которая представляла собой гидродинамический лоток с небольшим начальным уровнем воды (1) (рис. 1). Роль дамбы или шлюза выполняла пластиковая перегородка (2), за которой создавался более высокий уровень воды (3). После этого перегородка выдергивалась, образовавшееся волнение фиксировалось струнными (4 и 5) и акустическими волнографами (6 и 7). После прохождения через преобразователь (8) данные попадали в компьютер (9).

Мы предположили, что волну прорыва можно описать в рамках солитонной теории. Вывод о том, являются ли полученные в эксперименте волны солитонами, можно сделать на основании сравнения их формы с характерной формой солитона, которая описывается формулой (1). Два примера аппроксимации формы экспериментальной волны представлены на рисунках 2 и 3.

Чтобы ответить на вопрос: «Какая будет волна?» – нужно знать ее размеры, скорость и энергию возможного воздействия. При этом нужно

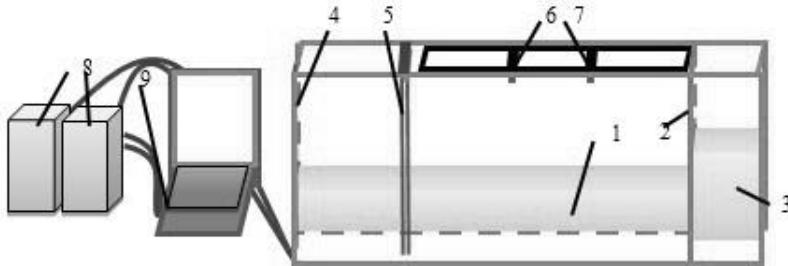


Рис. 1. Схема установки

1 – гидродинамический лоток, 2 – пластиковая перегородка, 3 – более высокий уровень воды, 4 и 5 – струнные волнографы, 6 и 7 – акустические волнографы, 8 – преобразователь, 9 – компьютер

$$\eta(x, t) = Hch^{-2} \left(\sqrt{\frac{3H}{4h}} \frac{x - \sqrt{g(h+H)}t}{h} \right). \quad (1)$$

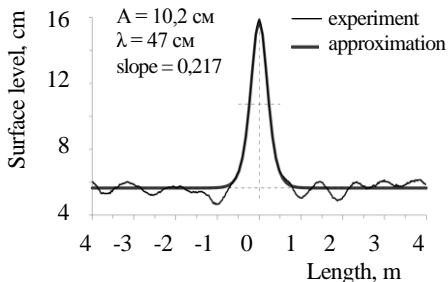


Рис. 2. Аппроксимация формы волны в случае одного солитона

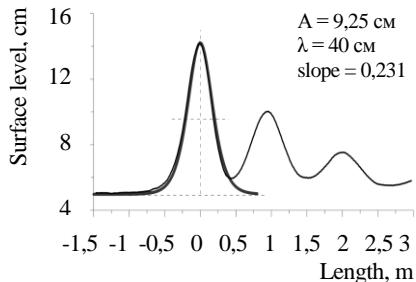


Рис. 3. Аппроксимация формы волны в случае нескольких солитонов

знать, как эти характеристики зависят от начальных условий. Чтобы в дальнейшем пользоваться методом пропорционального пересчета экспериментальных данных на реальные объекты, мы определили безразмерный параметр для описания начального возмущения (2). Это аналог параметра Урселла в теории солитонов, связывающий размеры начального возмущения. Однако на практике его можно измерить только после обрушения плотины, что уже не будет иметь смысла. Поэтому соответствующие величины были заменены на длину (λ_0) и глубину (H_0) водохранилища, глубину русла за плотиной (h).

$$U = H_0 \lambda_0^2 / h^3. \quad (2)$$

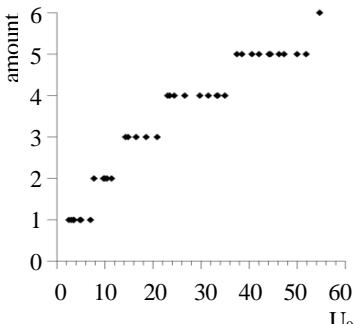


Рис. 4. Зависимость количества солитонов от параметра Урселла

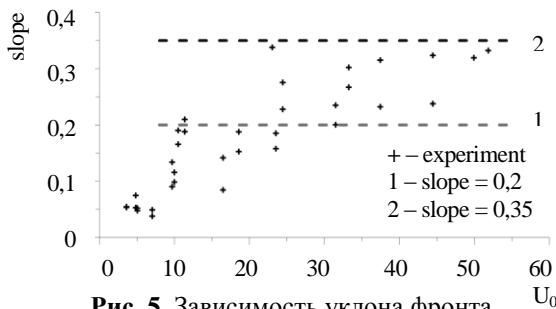


Рис. 5. Зависимость уклона фронта от параметра Урселла

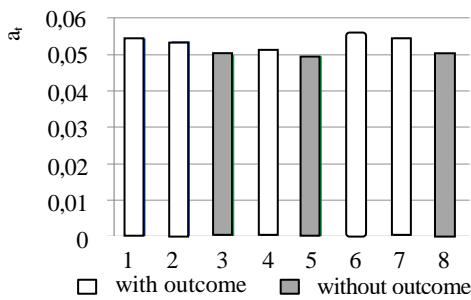


Рис. 6. Скорости спадания амплитуды

экспериментальных волн, которую мы определяли по времени их пробега между волнографами, показало, что она на 15 – 20% выше (рис. 7), чем скорость длинных гравитационных волн (3).

$$v = \sqrt{gh}. \quad (3)$$

В ходе экспериментов выяснилось, что начальное возмущение распадается на отдельные солитоны (рис. 4), причем их амплитуда линейно спадает от первого к последнему. Головная волна является самой опасной, и именно ее будем считать волной прорыва. Исследование уклона фронта, как отношение амплитуды к полуширине, показало, что данная характеристика перестает зависеть от параметра Урселла при его увеличении (рис. 5).

В реальных условиях при распространении волны почти всегда имеет место выход ее части на берег. Для исследования данного явления вдоль всего лотка была установлена ступенька из пенопласта. Было проведено две серии экспериментов: в одной из них начальный уровень воды был равен высоте ступеньки, а в другой – ниже ее. В первом случае амплитуда волны была в два раза ниже, это слабо повлияло на скорость ее затухания: она была менее чем на 10% выше (рис. 6).

Исследование скорости

Используя данные лабораторного моделирования, были рассчитаны характеристики волны прорыва, которая может возникнуть при обрушении плотины Нижегородского водохранилища (см. табл.).

Таблица. Характеристики волны прорыва при обрушении плотины Нижегородского водохранилища

Характеристика	Результат
Параметр Урселла	$1,44 \cdot 10^9$
Высота волны (H), м	16
Полуширина (λ), м	4
Скорость (v), м/с	7,5
Импульс волны на метр (p), кг*м/c	$9,6 \cdot 10^5$
Время воздействия на препятствие (t), с	0,5
Сила воздействия на метр препятствия, Н	$1,8 \cdot 10^6$
Энергия воздействия на опору моста шириной 4 метра, Дж	$7,2 \cdot 10^6$

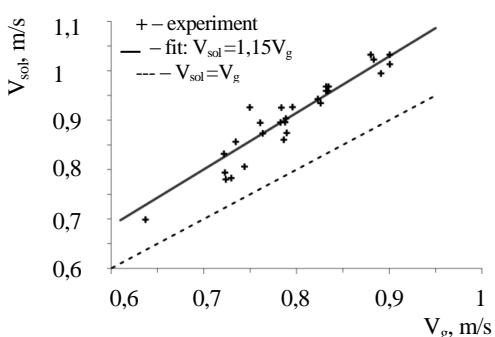


Рис. 7. Сравнение скоростей экспериментальных и длинных

Анализ рельефа местностей, расположенных ниже по течению от этой плотины, показывает, что опасными являются территории Балахны, некоторые зоны в нижней части Нижнего Новгорода и другие. Это значит, что далеко не все территории жизнедеятельности людей, расположенные ниже по течению от плотин, достаточно защищены. Актуальность этой проблемы подтверждает проверка опасности плотин в других странах, в частности сооружения Three Gorges Dam в Китае и Iron Gate I в Румынии и Сербии. Результаты приведенного моделирования могут быть использованы для совершенствования защитных систем при плотинах.

Литература

1. Пелиновский Е. Н. Нелинейная динамика волн цунами. – Горький, 1982, ИПФ РАН. – 266 с.
2. Филиппов А. Т. Многоликий солитон // Библиотечка «Квант». – М.: Наука, 1990. – 288 с.
3. Уизем Дж. Линейные и нелинейные волны. – М.: Мир, 1977. – 624 с.

Исследование электрических характеристик ламп накаливания разной мощности

Ганина Мария Михайловна

9 класс, МАОУ лицей №82

Научные руководители С.В. Оболенский,
профессор, заведующий кафедрой электроники
ННГУ им. Н.И. Лобачевского,

Е.А. Пешкова, преподаватель физики МАОУ лицей № 82



В работе исследованы электрические характеристики ламп накаливания различной мощности. Получены графики зависимости сопротивления от напряжения для ламп накаливания разной мощности и выявлено, что сопротивление лампы накаливания меньшей мощности больше. Проведен эксперимент, в ходе которого наблюдался момент возникновения свечения спирали: сначала начинает светиться лишь центр спирали лампы. Сделан вывод о том, что центр спирали нагрет сильнее, так как от центра теплу труднее уходить в металлические контакты. Сделано предположение о том, что этот эффект объясняет различие в расчетном и экспериментальном значениях сопротивления спирали в момент ее загорания.

В настоящее время стремительными темпами происходит замена таких источников света, как традиционная лампа накаливания, другими, более дорогостоящими, но гораздо более эффективными, энергосберегающими лампами. Цель работы – исследование электрических характеристик ламп накаливания разной мощности. Для ее достижения использованы следующие методы: изучение литературы по данному вопросу, наблюдение за свечением ламп накаливания различной мощности, измерение силы тока и напряжения, анализ полученных данных и расчет сопротивления ламп, сравнение электрических характеристик ламп накаливания разной мощности.

Для проведения эксперимента была собрана электрическая цепь, состоящая из источника тока, амперметра, вольтметра и лампы накаливания (рис. 1). Для сравнения использовались лампы накаливания мощностями 20Вт и 90Вт. В лампе накаливания мощностью 90Вт спираль

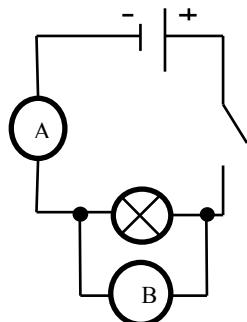


Рис 1. Электрическая
схема

растянута, и можно было наблюдать, какая ее часть начинает светиться.

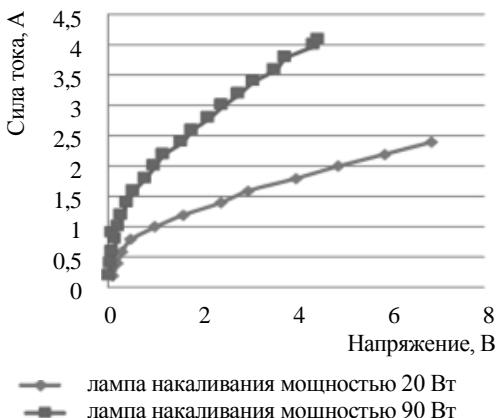


Рис. 2. Вольт-амперная характеристика ламп накаливания мощностью 20 Вт и 90 Вт

Была измерена сила тока, зарегистрировано напряжение, результаты занесены в таблицу. Далее был построен график зависимости силы тока от напряжения для обеих ламп (рис. 2).

После измерения силы тока и напряжения по закону Ома было рассчитано сопротивление, построен график зависимости сопротивления от напряжения для обеих ламп накаливания (рис. 3).

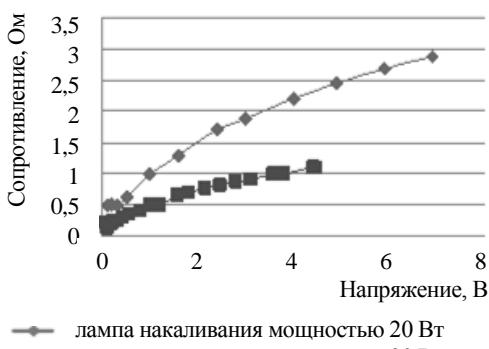


Рис. 3. График зависимости сопротивления от напряжения для ламп накаливания мощностью 20 Вт и 90 Вт

Сопротивление у лампы накаливания мощностью 20 Вт получилось больше, чем у лампы накаливания мощностью 90 Вт, хотя ее спираль короче. Возможно, это объясняется тем, что площадь поперечного сечения лампы мощностью 90 Вт больше, поэтому согласно формуле: $R = (p \cdot L)/S$, где R – сопротивление, p – удельное сопротивление, L – длина спирали, S – площадь поперечного сечения спирали,

сопротивление лампы с более длинной спиралью может быть меньше.

Для расчета сопротивления спирали, при котором она загорается, использовалась формула: $R = R_{300K} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$, где R – сопротивление, при котором загорается лампа, R_{300K} – сопротивление, при температуре 300К (то есть в начале эксперимента), α – температурный коэффициент, ΔT – разница температур в горячем и холодном состоя-

сопротивление лампы с более длинной спиралью может быть меньше.

Для расчета сопротивления спирали, при котором она загорается, использовалась формула: $R = R_{300K} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$, где R – сопротивление, при котором загорается лампа, R_{300K} – сопротивление, при температуре 300К (то есть в начале эксперимента), α – температурный коэффициент, ΔT – разница температур в горячем и холодном состоя-

нии. Для расчета сопротивления, при котором должна загореться лампа накаливания мощностью 20Вт, использовались следующие исходные данные: $R_{300K} = 0,5\Omega$; $\alpha = 510 \cdot 10^{-5} K^{-1}$, $\Delta T = 543,15K$.

В результате расчета получено, что сопротивление нагретой спирали $R = 1,9 \Omega$. Но в эксперименте лампа накаливания загорелась при $I = 0,84 A$ и $U = 0,6 V$, то есть при $R = 0,7 \Omega$. Предположительно полученная погрешность связана с неточностью определения температуры спирали. Последнее может быть связано с частичным оттоком тепла через провода, подводящие напряжение к лампе. Для проверки этого утверждения был проведен эксперимент по наблюдению свечения спирали в момент, когда напряжение мало и спираль едва светится.

При включении лампы накаливания в сеть выделяемое спиралью тепло уходит по присоединенным к лампе проводам. Это снижает температуру спирали лампы. Затем, при увеличении напряжения, когда выделяется чуть больше тепла, спираль начинает нагреваться и светиться. Начинает светиться центральная часть спирали, так как крайние витки спирали присоединены к металлическим контактам, по которым тепло перетекает в провода и рассеивается в воздухе, а от центра спирали теплу уходить труднее. Результаты эксперимента показывают, что полученное разногласие в расчетном и экспериментальном значениях сопротивления спирали лампы может быть объяснено отводом тепла от спирали в подводящие провода. Из-за этого центральная часть спирали нагрета до температуры свечения вольфрама, а части спирали, прилегающие к проводам, гораздо холоднее. Поэтому в среднем температура спирали и ее сопротивление в эксперименте было меньше, чем получилось в расчете, так как при проведении расчета предполагалось, что спираль нагрета однородно.

Выводы

1. Получены графики зависимости сопротивления от напряжения для ламп накаливания разной мощности и выявлено, что сопротивление лампы накаливания меньшей мощности больше. Последнее предположительно связано с меньшей площадью поперечного сечения спирали.
2. Проведен эксперимент, в ходе которого наблюдался момент возникновения свечения спирали. Выявлено, что лампа загорается не сразу, а лишь при подаче определенной мощности.
3. Наблюдалось, что сначала начинает светиться лишь центр спирали лампы. Сделан вывод о том, что центр спирали нагрет сильнее, так как от центра теплу уходить труднее уходить в металлические кон-

такты. Сделано предположение о том, что этот эффект объясняет различие в расчетном и экспериментальном значениях сопротивления спирали, соответствующих моменту ее загорания.

В дальнейшем исследование можно продолжить, сравнивая электрические характеристики других ламп, применяющихся в современном мире (энергосберегающих, светодиодных и иных).

Литература

1. *Перышкин А.В.* Физика. 8 класс. – М.: Экзамен, 2010. – 192 с.
2. Физическая энциклопедия / Под ред. А.М. Прохорова. – М.: Советская энциклопедия, 1988.
3. Лампа накаливания уходит в отставку. [Электронный ресурс]: <http://www.syl.ru/article/78147/lampa-nakalivaniya-uhodit-v-otstavku>.

Исследование преобразования поляризации лазерного излучения в анизотропной среде с кубической нелинейностью

Денисова Ангелина Федоровна

11 класс, МАОУ лицей № 180, ШНОИ ИПФ РАН

Научный руководитель М.С. Кузьмина,
научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук



В работе исследована генерация ортогонально поляризованной компоненты излучения при распространении мощного лазерного импульса в анизотропной среде с кубической нелинейностью. Обнаружено, что эффективность преобразования поляризации в этом случае зависит от пространственной ориентации главных осей нелинейного кристалла, интенсивности излучения и анизотропии тензора нелинейной восприимчивости.

В последние годы особую актуальность приобрели исследования взаимодействия мощных сверхкоротких лазерных импульсов с твердотельными и газовыми мишенями. Такие исследования позволяют изучать фундаментальные свойства вещества в экстремальных условиях. Как показали первые эксперименты с твердотельными мишенями, существует очень важный параметр, определяющий характер взаимодействия сверхкоротких лазерных импульсов с веществом – контраст лазерного импульса, то есть отношение пиковой мощности лазерного излучения основного импульса к пиковой мощности предимпульса. Дело в том, что перед основным импульсом следуют предимпульсы меньшей интенсивности. Поскольку предваряющие импульсы могут разрушить структуру мишени еще до прихода основного импульса, необходимо минимизировать влияние предимпульсов, повышая контраст фемтосекундного лазерного импульса.

В современных установках высокий временной контраст достигается при помощи преобразования поляризации излучения в анизотропной среде с кубической нелинейностью. Целью работы является исследование особенностей преобразования поляризации в такой среде и определение параметров, от которых зависит эффективность преобразования поляризации.

Рассмотрим распространение лазерного излучения в пластине толщиной d , выполненной из нелинейного кристалла. Среди всех кристаллов выберем те, в которых отсутствует двулучепреломление, то

есть кристаллы с кубической кристаллической решеткой или одноосные кристаллы, ориентированные вдоль оптической оси. При другой вырезке одноосного кристалла существенное отличие групповых скоростей обыкновенной и необыкновенной волн приведет к пространственному разделению входного импульса на два. Пусть исходно излучение линейно поляризовано в плоскости xOy (рис. 1), вектор напряженности электрического поля E в падающей волне имеет только одну компоненту – E_x . Оси кристалла $x'Oy'$ не совпадают с лабораторной системой координат xOy , угол между Ox и Ox' равен β .

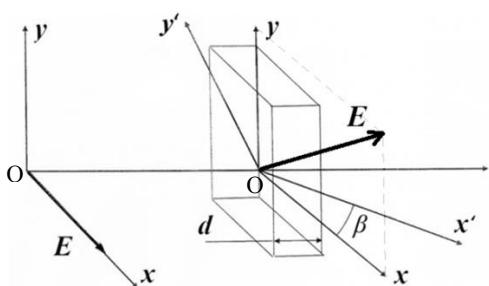


Рис. 1. Прохождение лазерного излучения через нелинейный кристалл

если изменение поляризации на выходе из кристалла таково, что $|E_y| \ll |E_x|$, то система уравнений упрощается и можно получить аналитическое решение. Используя это решение, мы получили выражение для эффективности генерации ортогонально поляризованного излучения – η . Физический смысл η – доля энергии, содержащейся в ортогонально поляризованной компоненте излучения:

$$\eta = \left(\frac{1}{4} \frac{\sigma \sin(4\beta)}{1 - \sigma/2 \sin^2(2\beta)} \right)^2 (1 - \cos(\Phi))^2, \quad (1)$$

где $\sigma = [\chi^{(3)}_{xxxx} - 3\chi^{(3)}_{xxyy}]/\chi^{(3)}_{xxxx}$ – анизотропия тензора кубической нелинейности $\chi^{(3)}$, $\chi^{(3)}_{xxxx}$ и $\chi^{(3)}_{xxyy}$ – диагональная и недиагональная компоненты тензора нелинейной восприимчивости $\chi^{(3)}$ соответственно, Φ – нормированная интенсивность ($\Phi = \gamma_0(E_{x0})^2 d$, d – толщина кристалла, $\gamma_0 = 6\pi/(8\lambda n\chi^{(3)}_{xxxx})$, λ – длина волны, n – показатель преломления среды). В вычислениях примем: $\chi_{xxxx} = 1,1 \cdot 10^{-22} \text{ м}^2/\text{В}^2$; $n = 1,46$; $\sigma = -0,97$ (кристалл BaF₂); $d = 0,9$ мм; $\lambda = 910$ нм.

На выходе из нелинейного кристалла поляризация излучения изменяется: появляется ортогонально поляризованный компонента излучения. Известно, что такое изменение поляризации описывается достаточно сложной системой дифференциальных уравнений, которая может быть решена только численно. Однако,

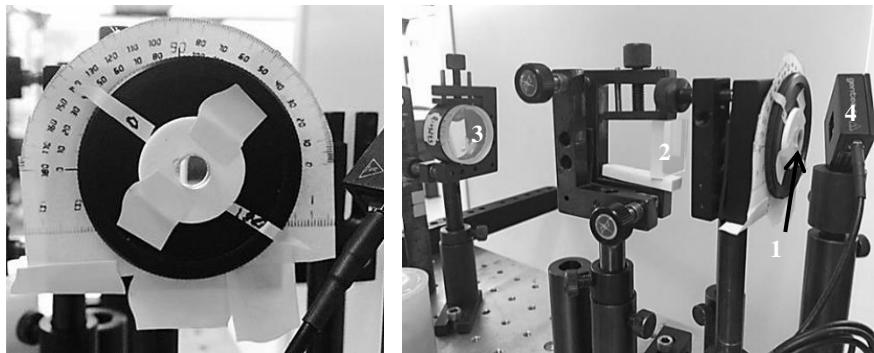


Рис. 2. Экспериментальная установка: слева – столик для кристалла, справа 1 – кристалл BaF_2 , 2 – шпатовый клин; 3 – зеркало; 4 – измеритель энергии

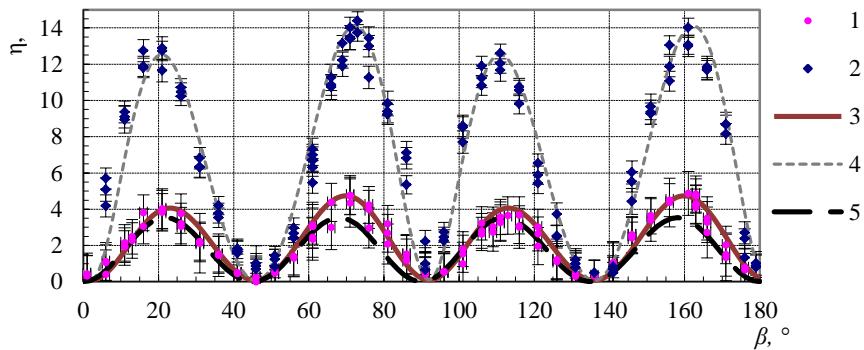


Рис. 3. Экспериментальные (1, 2) и теоретические (3, 4) графики зависимости $\eta(\beta)$ при $\Phi = 1,4$ (1, 3) и при $\Phi = 2,5$ (2, 4); 5 – теоретическая зависимость, построенная по формуле (1) при $\Phi = 1,4$

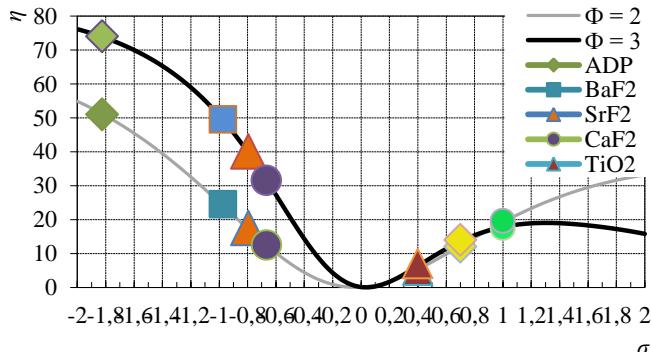


Рис. 4. Зависимость максимальной эффективности генерации ортогонально поляризованного излучения η ($\beta = \beta_{\max}$) от σ при $\Phi = 2$ и $\Phi = 3$

При помощи выражения (1) обнаружено, что функция $\eta(\beta)$ имеет четыре максимума на интервале $\beta \in [0^\circ; 180^\circ]$ при любых Φ . Также сделан вывод о том, что с увеличением Φ соседние пары максимумов зависимости $\eta(\beta)$ отдаляются, если $\sigma < 0$, и сближаются, если $\sigma > 0$. Зная это, можно провести идентификацию знака σ при экспериментальном исследовании нелинейных свойств кристалла.

Обнаруженные свойства функции $\eta(\beta)$ также были исследованы экспериментально при помощи установки, представленной на рисунке 2. Проходя через кристалл, исходно линейно поляризованное излучение приобретало ортогонально поляризованную компоненту. В шпатовом клине компоненты излучения разделялись в пространстве (одна из волн являлась для клина обычновенной, а другая – необыкновенной). Отражаясь от зеркала, одна из них попадала на измеритель энергии, а другая – на второй измеритель энергии, который не показан на рисунке. В ходе эксперимента фиксировались сигналы с измерителей энергии в основной и ортогонально поляризованной компоненте излучения. Измерения η проводились при двух значениях энергии излучения на входе экспериментальной схемы. Погрешность измерения угла составила $\pm 1^\circ$. По полученным данным был построен экспериментальный график $\eta(\beta)$ (кривые 1 и 2 на рис. 3). Погрешность измерения величины η составила $\pm 0,5\%$.

В эксперименте использовалось лазерное излучение на длине волны $\lambda = 910$ нм, энергия импульса изменялась в пределах 1,77 мДж – 7,1 мДж, длительность импульса по полувысоте составляла 70 фс; толщина кристалла – 0,9 мм, а диаметр – 5 мм. Пространственно-временное распределение интенсивности излучения имело гауссову форму.

Воспользовавшись программой, написанной в среде Mathlab, мы нашли численное решение полной системы уравнений, описывающей процесс генерации ортогонально поляризованной компоненты в анизотропной среде. Соответствующие этому решению кривые 3 и 4 хорошо описывают экспериментальные зависимости с учетом погрешностей измерений. Вычисления средней по импульсу эффективности генерации ортогонально поляризованной компоненты излучения при помощи упрощенной формулы (1) показаны кривой 5. Из рисунка 3 следует, что эта кривая количественно плохо описывает экспериментальные данные, но качественное поведение графика отслеживает верно.

Проанализируем полученную численно зависимость эффективности генерации ортогонально поляризованной компоненты излуче-

ния η от параметра анизотропии кристалла σ при $\Phi = 2$ и $\Phi = 3$ (рис. 4), считая, что $\beta = \beta^{max}$.

По графикам на рисунке 4 можно сделать следующие выводы. Если параметр анизотропии равен нулю, то генерация ортогонально поляризованной компоненты излучения невозможна. С точки зрения наибольшей η выгодно выбирать кристаллы с отрицательным значением σ . Чем больше σ по модулю, тем больше эффективность η . Таким образом, увеличить η можно не только за счет увеличения интенсивности излучения, но и при помощи выбора кристалла с оптимальным σ .

Рассмотрим такие популярные нелинейные кристаллы, как CaF_2 , BaF_2 , KDP, TiO_2 , YVO_4 , ADP, SrF_2 . Таблица и рисунок 4 позволяют определить, в каких кристаллах можно получить наибольшую (например, кристаллы YVO_4 , ADP), а в каких наименьшую (например, TiO_2) эффективность η .

Таблица . Параметры анизотропии нелинейных кристаллов

Кристалл	ADP	BaF_2	SrF_2	CaF_2	TiO_2	KDP	YVO_4
σ	- 1,827	- 0,974	- 0,794	- 0,668	0,4	0,7	1

Заключение. В работе исследована генерация ортогонально поляризованной компоненты излучения в анизотропной среде с кубической нелинейностью. Определены основные параметры, влияющие на эффективность генерации ортогональной компоненты излучения в изотропных (кубических) и одноосных нелинейных кристаллах. Такими параметрами оказались угол поворота главных осей кристалла, интенсивность излучения и анизотропия тензора нелинейной восприимчивости. Экспериментально и теоретически проанализирована зависимость эффективности рассматриваемого преобразования поляризации от угла поворота главных осей нелинейного кристалла. Полученные экспериментальные и теоретические кривые хорошо согласуются друг с другом с учетом погрешности измерений. Сделаны выводы о характере зависимости максимальной эффективности генерации ортогональной компоненты излучения от интенсивности и параметра анизотропии. Проведенные исследования позволили установить критерии поиска кристалла, лучшего с точки зрения наибольшей η .

Литература

1. Власов С.Н., Таланов В.И. Самофокусировка волн, 1997.
2. Ландсберг Г.С. Оптика. Учеб. пособие для вузов. – М.: Физматлит, 2003.

3. *Фаенов А.Я., Пикуз Т.А., Скobelев И.Ю., Магунов А.И.* Рентгеноспектральные наблюдения сверхплотной плазмы в наночастицах, облучаемых сверхинтенсивным фемтосекундным лазерным излучением, 2004.
4. *Яворский Б.М., Пинский А.А.* Основы физики, 1981.
5. *Adair R., Chase L., Stephen A.* Nonlinear refractive index of optical crystals. v. 39(№ 5), 1989.
6. *Ching W.Y., Fanqi G., Huang M.-Z.* Band theory of linear and nonlinear susceptibilities of some binary ionic insulators. v. 52(№ 3), 1995.
7. *Minkovski N., Petrov G.I., Saltiel S.M.* Nonlinear polarization rotation and orthogonal polarization generation experienced in a single-beam.

Лабораторное исследование механоакустических свойств природных сред методом резонансной акустической спектроскопии

Ермилин Елисей Александрович

11 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.И. Коньков,
младший научный сотрудник ИПФ РАН



Для решения вопроса о выборе места для строительства большое значение имеет анализ грунта. Динамическая устойчивость является одним из важных деформационно-прочностных свойств грунтов, она определяется структурными связями между отдельными частицами грунта. Цель работы – определить зависимость модулей упругости гранулированных сред от давления. Для уменьшения неоднородности деформаций в работе использован метод физического маятника, где элементом упругости является исследуемый материал, а элемент инерции выполнен из жесткого материала. Построенные в результате работы экспериментальные графики могут быть использованы для диагностики грунтов в условиях естественного залегания.

Природные среды делятся на горные породы и дисперсные грунты. Под термином «грунт» понимаются любые горные породы, которые залегают преимущественно в зоне выветривания и могут быть использованы в качестве оснований для различных сооружений. Грунты представляют собой несвязанные сыпучие гранулированные среды. Важно знать характеристики гранулированных природных сред при различных внешних условиях, в частности, их реакции на длительные динамические нагрузки.

Метод резонансной акустической спектроскопии позволяет с высокой точностью измерять механические свойства упругого материала, что приводит к повышению информативности экспериментальных данных и дополняет данные натурных экспериментов.

Цель работы – при помощи лабораторных измерений определить зависимость модулей упругости от давления. Метод измерения основан на принципе физического маятника, где элементом упругости является исследуемый материал, находящийся в контейнере. Элемент инерции выполнен из жесткого материала (сталь).

Для изучения сыпучих материалов, отличающихся малой прочностью связей и неспособностью выдержать без разрушения стати-

ческие усилия со стороны элемента инерции, необходим контейнер, который предназначен для удержания элемента инерции в равновесии с полем тяжести. Характеристики материала контейнера измерялись методом резонансной акустической спектроскопии.

К материалу контейнера имеются противоречивые требования:

- 1) модули упругости должны быть минимальными, чтобы его заполнение приводило к заметным изменениям резонансной частоты;
- 2) прочность контейнера должна быть достаточной, чтобы выдержать вес элемента инерции и создаваемое внутри его давление при моделировании условий реального залегания сыпучего материала на глубинах порядка нескольких метров;
- 3) добротность материала контейнера должна быть максимальной для того, чтобы можно было выделить резонансные частоты на отклике маятника.

В качестве материала контейнера был выбран полистирол, который удовлетворяет таким требованиям в наибольшей степени.

Параметры контейнера: диаметр $2r = 45\text{мм}$; толщина стенок $h = 2\text{мм}$; высота контейнера $L = 180\text{ мм}$. Толщина стенок контейнера была выбрана минимально возможной с учетом требований на прочность. В такой конфигурации резонансные частоты колебаний максимально приближены к частотам, используемым в натурных сейсмоакустических измерениях.

Возбуждение осуществлялось двумя электромагнитами, ориентированными под углом 45^0 относительно оси колебательной системы. При этом амплитуды сил, создаваемых магнитами, согласованы таким образом, чтобы максимально возбудить продольные и крутильные колебания. Различие резонансных частот позволяет исследовать реакцию гранулированной среды на деформацию сжатия-растяжения и сдвига. Регистрация колебаний осуществлялась двумя акселерометрами, также ориентированными под углом 45^0 относительно оси. Сигналы с акселерометров суммировались в тракте предварительного усиления таким образом, чтобы ускорения, отвечающие продольным и крутильным колебаниям, складывались, а сигналы, отвечающие несимметричным модам сдвига, подавлялись. Верхняя часть колебательной системы жестко соединена с элементом инерции, который имеет массу 48 кг. Эта масса существенно больше массы нижней подвижной части и имеет динамическую виброзоляцию от несущих элементов конструкции.

Поддержание стабильной температуры важно при исследовании зависимостей свойств гранулированной среды от давления. Для

уменьшения потоков тепла через верхний и нижний элементы инерции были использованы теплоизоляторы из нержавеющей стали. Использование тепловой развязки и помещение экспериментальной установки в термостат позволяло поддерживать температуру в контейнере с точностью $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в течение продолжительного времени.

В качестве исследуемого образца была использована модельная гранулированная среда, состоящая из стеклянных шариков. Средний диаметр зерен составлял около 400 мкм. Отношение между минимальным размером контейнера и размером шара составляло около 100, что является основанием считать среду однородной.

Для уменьшения неоднородности деформаций в работе использован метод физического маятника, где элементом упругости является исследуемый материал, элемент инерции выполнен из жесткого материала. Физическим маятником называется твердое тело, закрепленное на неподвижной горизонтальной оси (оси подвеса), не проходящей через центр тяжести, и совершающее колебания относительно этой оси под действием силы тяжести. В отличие от математического маятника массу такого тела нельзя считать точечной.

При небольших углах отклонения α (рис. 1) физический маятник также совершает гармонические колебания. Будем считать, что вес физического маятника приложен к его центру тяжести в точке С. Силой, которая возвращает маятник в положение равновесия, в данном случае будет сила F – составляющая силы тяжести, где

$$F = -mg \sin \alpha.$$

Знак минус в правой части означает то, что сила F направлена в сторону уменьшения угла α . С учетом малости угла α $F = -mg\alpha$.

Для вывода закона движения маятников используем основное уравнение динамики вращательного движения: $J = ml^2$.

Момент силы определить в явном виде нельзя. Исходное дифференциальное уравнение колебаний физического маятника имеет вид:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{mgL}{J}\alpha = 0, \omega = \sqrt{\frac{mgL}{J}}; T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgL}}.$$

Решение этого уравнения: $\alpha = A \sin \left(\sqrt{\frac{mgL}{J}} t + \varphi_0 \right)$.

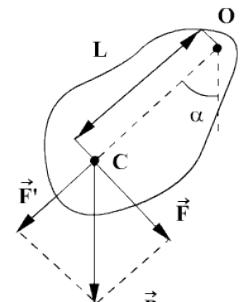


Рис. 1. Принцип физического маятника

Определим длину l математического маятника, при которой период его колебаний равен периоду колебаний физического маятника, то есть $T_{\text{мат}} = T_{\text{физ}}$, или $2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgL}}$. Из этого соотношения определяем $l = \frac{J}{mL}$. Данная формула определяет приведенную длину физического маятника, то есть длину такого математического маятника, период колебаний которого равен периоду колебаний физического маятника. Подбирая величину элемента инерции, можно управлять частотой и обеспечить однородность деформации исследуемого материала.

Параметры сыпучей среды определяются как резонансными частотами, так и свойствами контейнера.

Модуль Юнга рассчитывался по формуле: $E_2 = \frac{\omega^2 LM - S_1 E_1}{S_2}$,

где L – длина цилиндра, M – опорная масса, S_1 – площадь основания цилиндра без стенок, S_2 – площадь основания цилиндра со стенками, ω – круговая частота.

Модуль сдвига: $\mu_2 = \frac{2\omega^2 LI - \pi\mu_1(R_2^4 - R_1^4)}{\pi R_1^4}$,

где L – длина цилиндра, R_1 – внутренний радиус, R_2 – внешний радиус, ω – частота.

Было проведено 10 экспериментальных измерений резонансной частоты колебаний, отвечающей первой крутильной mode и резонансной частоты колебаний, отвечающей продольной mode, в зависимости от давления, которое менялось от 0 до ≈ 30 кПа. Были построены теоретические зависимости модулей упругости в зависимости от давления.

Полученные экспериментальные зависимости модулей упругости от давления представлены на рисунках 2 и 3.

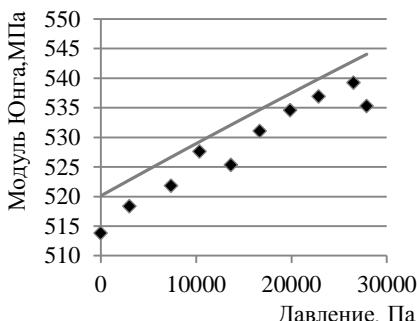


Рис. 2. Зависимость модуля Юнга от давления

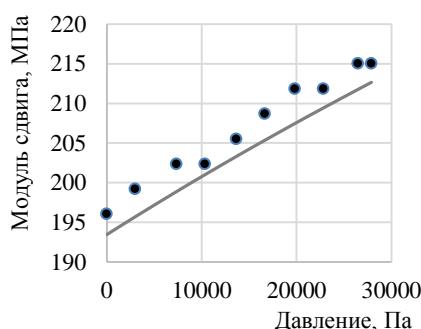


Рис. 3. Зависимость модуля сдвига от давления

Результаты находятся в согласии с рассчитанной теоретической зависимостью, соответствующей прямой линии на графике (аппроксимация экспериментальных данных зависимостью $E = A^3\sqrt{P + P_0}$ $\mu = B^3\sqrt{P + P_0}$).

Физическое трактование полученных результатов. При контакте шара с упругим полупространством твердый шар радиуса R вдавливается в упругое полупространство на глубину d , образуя область контакта радиуса $a = \sqrt{R * d}$. Необходимая для этого сила равна:

$$F = \frac{4E^*v\sqrt{Rd^2}}{3}, \text{ где } \frac{1}{E^*} = \frac{1-v_1^2}{E_1} + \frac{1-v_2^2}{E_2},$$

где E_1 и E_2 – модули упругости, v_1 и v_2 – коэффициенты Пуассона обоих тел.

При контакте двух шаров с радиусами R_1 и R_2 эти уравнения справедливы соответственно для радиуса:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Распределение давления в площади контакта рассчитывается следующим образом:

$$p = p_0(1 - \frac{r^2}{a^2})^{1/2}, \text{ где } p_0 = \frac{2}{\pi} E \left(\frac{d}{R}\right)^{1/2}.$$

Максимальное касательное напряжение достигается под поверхностью для $v = 0,33$ при $z \approx 0,49a$.

Для прогнозирования модуля упругости в уплотненном сухом сыпучем материале используется модель Герца-Миндлина поведения упругих тел, находящихся в контакте. Данная модель предполагает, что зерна одинаковых сфер упакованы случайным образом и содержат несколько допущений. В решении для нормальных и касательных напряжений предполагается, что усилие сжатия влечет за собой возникновение касательной силы; скольжение вдоль поверхности контакта между зернами отсутствует.

$$S_t = \frac{8*a*\mu}{2-v} \quad S_n = \frac{4*a*\mu}{1-v},$$

где μ – модуль сдвига частицы (мПа), a – радиус зоны контакта (мм), v – коэффициент Пуассона.

Согласно Герцу радиус зоны контакта a и нормальное перемещение z определяются уравнением:

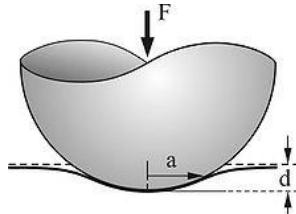


Рис. 4. Контакт между шаром и упругим полупространством

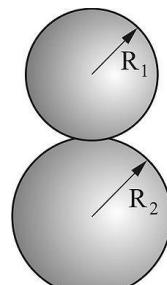


Рис. 5. Контакт между двумя шарами

$$a = \sqrt[3]{\frac{3FR(1-\nu)}{8\mu}}, d = \frac{a^2}{R},$$

где F – сдерживающая сила между частицами (мПа), R – радиус частицы (мм).

При давлении P , действующем на уплотненный материал, сдерживающая сила F , действующая между частицами, будет равна:

$$F = \frac{4\pi R^2 P}{C(1-\varphi)},$$

где P – давление на образец материала (мПа), R – радиус частицы (мм), C – контактное число, φ – пористость (%).

В рамках теории Герца-Миндлина величина коэффициента Пуассона не зависит от давления. Эта модель предполагает, что сдвиговая жесткость S_T обусловлена сухим трением, и сила сухого трения превышает силу, приводящую к локальному сдвигу пары тел, находящихся в контакте. В отсутствии силы трения ($S_T = 0$) объект исследования представляет собой сплошную упругую среду Пуассона, в которой действуют только центральные силы.

Выводы

В ходе работы было проведено исследование зависимости модулей упругости гранулированных сред методом физического маятника. Получены зависимости модулей упругости модельной среды от давления. Эксперименты на модельной среде показали согласие измеренных величин с ожидаемыми.

Полученные результаты могут быть использованы для оценки реакции гранулированной среды на динамические нагрузки в качестве дополнения данных соответствующих натурных экспериментов и при интерпретации данных, полученных при помощи методов инженерной сейсморазведки.

Использованный в работе метод измерения механо-акустических свойств природных сред позволяет одновременно проводить измерение реакции гранулированных сред на объемные и сдвиговые деформации. Метод позволяет получать измерения с высокой точностью.

Литература

1. Авербах В.С., Лебедев А.В., Манаков С.А., Бредихин В.В. Новый метод акустических исследований сыпучих материалов. Предварительные результаты. – Н.Новгород, ИПФ РАН (поступила в редакцию). – 31 с.
2. Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику: учебное пособие. – М.: Физматлит, 2011. – 657 с.
3. Ландау Л.Д., Лишин Е.М. Теория упругости. Т. 7. Теоретическая физика. – М.: Наука, 1965.

Исследование движения частицы в поле с двумя потенциальными ямами

Жданов Николай Кириллович
11 класс, МБОУ СОШ № 45

Научный руководитель О.Ю. Кузнецов,
преподаватель физики МАОУ лицей № 28



Исследовано движение частицы в одномерном потенциальном поле с двумя ямами. Уравнение движения сводится к нелинейному уравнению ангармонического осциллятора с квадратичной и кубической нелинейностями. Найдены в аналитическом виде некоторые частные решения и семейства частных решений для траекторий движения частицы при разных соотношениях между коэффициентами нелинейностей и собственной частотой соответствующего линейного осциллятора.

Цель исследования – теоретически исследовать все возможные решения уравнения ангармонического осциллятора с квадратичной и кубической нелинейностями. В случае, когда коэффициенты этих нелинейностей не равны нулю, в физической литературе нет достаточно полной информации о решениях указанного уравнения.

Объект исследования: частица в потенциальном поле с двумя потенциальными ямами.

Гипотеза: существуют аналитические решения уравнения нелинейного осциллятора с квадратичной и кубической нелинейностями при некоторых соотношениях между коэффициентами нелинейностей. Задачи исследования: 1) качественно рассмотреть все возможные траектории движения частицы при различных видах потенциальной функции; 2) найти аналитические решения уравнения нелинейного осциллятора с квадратичной и кубической нелинейностями; 3) применить полученные решения для описания поведения реальных физических объектов в различных областях нелинейной физики – термодинамике, оптике, физике низкотемпературной плазмы и других.

Уравнение движения массовой частицы в одномерном случае сводится к уравнению ангармонического осциллятора для координаты $x(t)$:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x - \alpha x^2 + \beta x^3 = 0, \quad (1)$$

где $\omega_0^2 = \frac{k}{m}$ – квадрат частоты соответствующего линейного осциллятора.

Виды потенциальной функции в зависимости от значений параметров нелинейностей

В настоящей работе сделана попытка исследовать систему в наиболее интересных случаях с функцией потенциальной энергии $U(x)$, имеющей две потенциальные ямы. Найдены некоторые частные решения и семейства частных решений при определенных соотношениях между нелинейными коэффициентами α и β .

Уравнение (1), [1 – 7] имеет первый интеграл:

$$\frac{\dot{x}^2}{2} + U(x) = E, \quad (2)$$

где $U(x) = \frac{\omega_0^2 x^2}{2} - \frac{\alpha x^3}{3} + \frac{\beta x^4}{4}$ – функция потенциальной энергии.

Вид потенциальной функции зависит от соотношения между α и β . Удобно ввести параметр $p = \frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2}$, от значения

которого $U(x)$ принимает различный вид. При $p = 1$ график имеет симметричный вид, изображенный на рисунке 1.

Аналитические решения с симметричным потенциалом

Потенциальная функция имеет два минимума при $x = 0$ и при $x_3 = x_4 = x_5 = \frac{2\alpha}{3\beta} = \frac{3\omega_0^2}{\alpha}$, а также один максимум.

Вблизи дна потенциальных ям решения локализованные периодические. Рассмотрим сначала левую потенциальную яму ($x = 0$). При малых амплитудах a , много меньших величины $\frac{3\omega_0^2}{2\alpha}$, эти колебания

гармонические с периодом $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$ изохронного вида $x = a \cos \omega_0 t$ и

$$x(t) = a \cos \omega t + \frac{\alpha a^2}{2\omega_0^2} - \frac{\alpha a^2}{6\omega_0^2} \cos 2\omega t + \frac{a^3}{16\omega_0^2} \left(\frac{\alpha^2}{3\omega_0^2} + \frac{\beta}{2} \right) \cos 3\omega t \quad [7], \quad (3)$$

при несколько больших амплитудах $a \leq (1 \div 10) \frac{\omega_0^2}{\alpha}$.

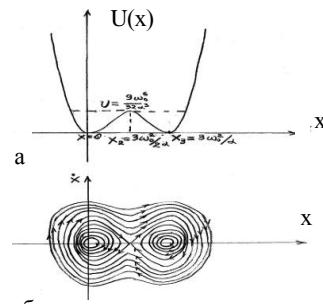


Рис. 1.
а) вид потенциальной функции при $\frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2} = 1$,
б) фазовая плоскость

$$\text{при } \frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2} = 1$$

Что касается правой потенциальной ямы, то удивительным здесь оказалось то, что частота колебаний совпадает в точности с частотой ω_0 линейного осциллятора, то есть частоты колебаний при очень малых амплитудах, пока нелинейности не проявляются, около обеих ям одинаковы и равны ω_0 . Это легко показать, линеаризовав уравнение (1)

около равновесного значения $x = \frac{3\omega_0^2}{\alpha}$.

Можно предположить, что вследствие симметричности потенциальной функции $U(x)$ относительно оси, проходящей через точку x_2 и перпендикулярной оси абсцисс, существует семейство аналогичных (3) приближенных решений вблизи дна правой потенциальной ямы

около $x = \frac{3\omega_0^2}{\alpha}$:

$$x = \frac{3\omega_0^2}{\alpha} + a \cos \omega t + \frac{\alpha a^2}{2\omega_0^2} - \frac{\alpha a^2}{6\omega_0^2} \cos 2\omega t + \frac{a^3}{16\omega_0^2} \left(\frac{\alpha^2}{3\omega_0^2} + \frac{\beta}{2} \right) \cos 3\omega t. \quad (4)$$

При любых амплитудах колебаний (в том числе и больших $\frac{3\omega_0^2}{\alpha}$) удалось найти семейство аналитических решений, выражающихся через эллиптические функции Якоби:

$$x = \frac{3\omega_0^2}{2\alpha} \pm \frac{3\omega_0^2}{\alpha} \frac{cn(\omega t; k)}{\sqrt{4k^2 - 2}}, \quad (5)$$

$$\omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{4k^2 - 2}}, \quad (6)$$

$$x = \frac{3\omega_0^2}{2\alpha} \pm \frac{3\omega_0^2}{2\alpha} \frac{dn(\omega t; k)}{\sqrt{1 - k^2 / 2}}, \quad (7)$$

$$\omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{4 - 2k^2}}. \quad (8)$$

Здесь k – эллиптический модуль, принимающий значения $\frac{1}{\sqrt{2}} < k < 1$ для (5), (6) и $0 < k < 1$ для (7), (8).

Знаки \pm означают различные моменты начала движения по замкнутым траекториям в фазовой плоскости.

Если $k = 1$, то функции (5) и (7) равны друг другу и соответствуют движению по сепаратрисе:

$$x = \frac{3\omega_0^2}{2\alpha} \pm \frac{3\omega_0^2}{\alpha\sqrt{2}} \frac{2}{e^{\omega t} + e^{-\omega t}} = \frac{3\omega_0^2}{2\alpha} \pm \frac{3\omega_0^2}{\alpha\sqrt{2}} \frac{1}{ch \omega t}. \quad (9)$$

Это – «солитоноподобные» решения.

$$\text{При } t = 0 \quad x = \frac{3\omega_0^2}{2\alpha} \frac{\sqrt{2} \pm 1}{\sqrt{2}}. \quad \text{При } t \rightarrow \infty \quad x \rightarrow \frac{3\omega_0^2}{2\alpha}.$$

В этом случае $\omega = \frac{\omega_0}{\sqrt{2}}$, но поскольку движение состоит из одного вырожденного колебания, логичнее говорить не о частоте колебаний, а о характерных временах перехода от одного края потенциальной ямы к другому и обратно.

Одно из представленных решений (7) описывает колебания типа кноидальных волн, другое (5) – сильно нелинейные колебания.

Аналитические решения с несимметричным потенциалом

$\frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2} < 1$. При значении общей энергии E рассматриваемой консервативной системы, равной нулю, первый интеграл уравнения (3) имеет вид:

$$\frac{1}{2} \dot{x}^2 + \frac{\omega_0^2}{2} - \frac{\alpha x^3}{3} + \frac{\beta x^4}{4} = 0. \quad (10)$$

Используя таблицу интегралов [9], можно получить частное решение уравнения (1) при $\frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2} < 1$.

$$x = \frac{\frac{3\omega_0^2}{2}}{\alpha \left[1 \pm \sqrt{1 - \frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2} \cos \omega_0 t} \right]}, \quad (11)$$

при начальных условиях $t = 0, x = x_0, x' = 0$.

Решение (11) имеет период колебаний $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$, как и соответствующий гармонический осциллятор. Знаки « \pm » в выражении (11) соответствуют разным начальным условиям.

$$\text{Если «+», то при } t = 0 \quad x = x_{01} = \frac{\frac{3\omega_0^2}{2}}{\alpha \left[1 + \sqrt{1 - \frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2}} \right]}.$$

Если \ll , то при $t = 0$ $x = x_{02} = \frac{3\omega_0^2}{\alpha \left[1 - \sqrt{1 - \frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2}} \right]}.$ (12)

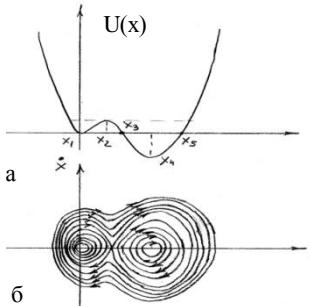


Рис. 2. а) вид потенциальной функции, б) фазовый портрет (при $\frac{9\beta\omega_0^2}{2\alpha^2} < 1$)

в потенциальном поле с двумя ямами. Уравнение движения – уравнение нелинейного осциллятора. Его можно получить при решении различных задач нелинейных колебаний во многих разделах физики – радиофизике, механике, астрофизике, квантовой механике. В некоторых частных случаях можно получить аналитические решения, выражающиеся в эллиптических функциях Якоби, а также можно проанализировать поведение нелинейных колебательных систем на фазовой плоскости и определить область параметров, где существуют периодические колебания нелинейного, ангармонического вида, вычислить период колебаний, зависимость периода от амплитуды колебаний.

Полученные результаты могут быть актуальны для решения некоторых физических задач, когда анализ поведения тех или иных систем сводится к нахождению решений стационарного нелинейного одномерного уравнения диффузии или теплопроводности. В этих случаях получаются решения в виде страт, то есть колебания не во времени, а в пространстве.

Найденные решения могут описывать периодические распределения в пространстве концентрации плазмы или температуры, справедливые в некоторой области параметров нелинейности.

Вблизи дна левой потенциальной ямы ($X_1 = 0$) при очень малых амплитудах имеем решение вида $x = a \cos \omega_0 t$ для линейного осциллятора, при $a \leq (1 \div 10) \frac{\omega_0^2}{\alpha}$ решение приближенное (3).

Линеаризовав уравнение (1) вблизи положения равновесия $x = x_4$, получаем следующий результат для квадрата частоты ω^2 :

$$\omega^2 = \frac{\alpha^2}{2\beta} - 2\omega_0^2 + \frac{\alpha^2}{2\beta} \sqrt{1 - \frac{4\omega_0^2\beta}{\alpha^2}}. \quad (13)$$

Выводы

Рассмотрена модель движения частицы

Литература

1. *Козлов С.Н., Зотеев А.В.* Колебания и волны. Волновая оптика. – М.: МГУ, 2006.
2. *Крауфорд Ф.* Волны. Бер克莱евский курс физики. Т. 3. – М.: Наука, 1974.
3. *Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М.* Теоретическая физика. Т.1. Механика. – М.: Наука, 1988.
4. *Магнус К.* Колебания. – М.: Мир, 1982.
5. *Мандельштам Л.И.* Лекции по колебаниям. Полное собрание трудов. Т. 4. – М.: Изд-во АН СССР, 1957.
6. *Рабинович М.И., Трубецков Д.И.* Введение в теорию колебаний и волн. – М.: Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика. 2000.
7. *Трубецков Д.И., Рожнев А.Г.* Линейные колебания и волны. – М.: Физматлит, 2001.

Исследование распределенной нагрузки в различных системах сил

Засобин Артем Владимирович

7 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

**Научный руководитель: А.А. Ермолаев,
студент НГТУ им. Р.Е. Алексеева**



Были изучены «станции» альпинистов. Исследовано распределение силы натяжения плеч станции в зависимости от угла между точками крепления к скале. Определен оптимальный угол между плечами станции, обеспечивающий наименьшее нагружение каждой точки, он равен 30°. Рассмотрена пространственная схема расположения тела альпиниста, определен угол между плечами станции при пространственном распределении сил в системе. По результатам эксперимента, проведенного на специальном скалодроме с альпинистским снаряжением, построена расчетная схема для каждого из углов, произведен расчет каждой из этих схем, построена зависимость распределения силы в системе относительно угла между точками страховки.

Страховку альпинисты осуществляют следующим образом: устанавливают две-три точки страховки (снаряжение специфично для каждого вида рельефа) на небольшом расстоянии друг от друга, при этом точки независимы друг от друга. Карабины соединяют петлей из стропы или веревки диаметром не менее 8 мм [1]. Соединенные таким образом точки называются станцией. В этом случае уменьшение нагрузки происходит за счет некоторого количества точек, между которыми происходит распределение силы. Целью данной работы явилось нахождение углов между нитями, при которых натяжение нитей будет минимальным. Основная проблема заключалась в том, что часто на каждую точку приходится напряжение, превышающее допустимое. Характеристики снаряжения свидетельствуют о том, что оно создано для работы «на срыв», поэтому рисков при статических нагрузках почти нет. Опасность срыва, разрушения фиксированной точки существует при появлении избыточных напряжений в породе.

Процесс разрушения пород – это разрыв связей между частицами кристаллов и молекулами. Для разрыва должны быть приложены силы, превосходящие межатомные связи и связи в кристаллических решетках пород [4]. Наиболее распространенной и прочной является гранитная порода. Зная прочность гранита, а также вычислив силу, приложенную в каждой точке станции, можно определить площадь, на

которую приложена эта критическая нагрузка, и найти минимальное расстояние, на котором могут располагаться фиксированные точки.

Для этого необходимо определить, как будет располагаться человек. Он может находиться всей плоскостью тела параллельно поверхности скалы (рис. 1а), либо благодаря обвязке он может принять сидячее положение, поставив ноги перпендикулярно скале (рис. 1б). В каждом из двух случаев необходимо найти натяжение петли в станции при различных углах. После этого необходимо, зная прочность скалы и нагрузку на точки, рассчитать нагруженную площадь и определить минимальное расстояние, на котором можно располагать фиксированные точки.

Минимальное расстояние необходимо для того, чтобы соотнести возможное расположение точек и угол между плечами станции. Определившись с моделью задачи, необходимо произвести теоретический расчет каждой модели. Из медицинских и геологических справочников были получены средние значения веса человека и прочности породы: $m = 80\text{кг}$, $m_{\text{снаряжения}} = 20\text{кг}$, $\sigma = 3\text{МПа}$ [2][1][3]. Для решения любой статической механической системы нужно составить уравнения равновесия, то есть написать второй закон Ньютона для всех сил, входящих в систему. В задаче каждая сила имеет две составляющие: F_x и F_y . Поэтому необходимо записать закон Ньютона для суммы проекций каждой силы на оси.

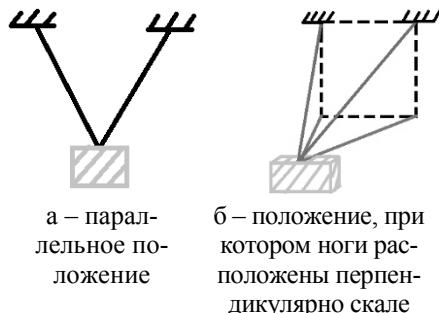
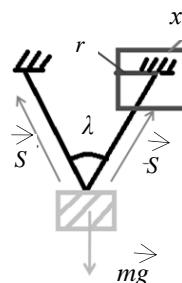
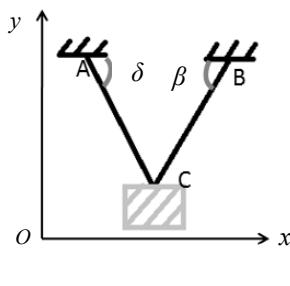


Рис. 1. Схематичная модель расположения человека



а - проекционная модель б - схема эксперимента с расставленными силами

Рис. 2. Плоская система сил

Рассмотрим плоскую систему как треугольник АВС, углы β и δ находятся при основании АВ (рис. 2а). Для проекции сил на оси находим эти углы.

x – площадь прямоугольника, на который приходится распределенная нагрузка, приложенная к точке, r – минимальное расстояние, на котором можно располагать фиксированные точки, λ – угол между нитями, S – реакции нитей, mg – сила тяжести груза (рис. 2б).

$$\delta = \beta = 45^\circ;$$

$$\lambda = 180^\circ - 45^\circ - 45^\circ = 90^\circ;$$

$$Q = mg = (80 + 20) \bullet 9,8 = 980H;$$

$$ox : -S_1 \cos \delta + S_2 \cos \beta = 0(1);$$

$$oy : -Q + S_1 \sin \delta + S_2 \sin \beta = 0(2);$$

$$(1) \cos \delta S_1 = S_2 \cos \beta \rightarrow \cos 45^\circ S_1 = S_2 \cos 45^\circ \rightarrow S_1 = S_2;$$

$$(2) + Q = S_1 \sin \delta + S_2 \sin \beta \rightarrow Q = 2S_1 \sin 45^\circ \rightarrow S_1 = \frac{Q}{2 \sin 45^\circ} = \frac{980}{2 \sin 45^\circ} = 692,96H.$$

Зная прочность породы, находим площадь, на которой может произойти разрушение точки.

$$1\text{Па} = \frac{1\text{Н}}{1\text{м}^2}.$$

$$3000000\text{Па} = \frac{692,96\text{Н}}{x\text{ м}^2}.$$

$$x = 692,96\text{Н}/3000000\text{Па} = 0,00023\text{м}^2 = 2,3\text{см}^2.$$

Таблица. Расчет зависимости силы натяжения веревки от угла между плечами станции

№	$\lambda, {}^\circ$	$M, \text{ кг}$	$m, \text{ кг}$	$S_1, \text{ Н}$	$S_2, \text{ Н}$
1	120,00	89,00	50,00	872,20	490,00
2	90,00	89,00	50,00	616,74	346,48
3	60,00	89,00	50,00	503,56	282,90
4	30,00	89,00	50,00	451,48	253,64
5	0,00	89,00	50,00	436,10	245,00

При пределе прочности в 3МПа мы не можем использовать угол в 0 градусов, так как расстояние между точками крепления веревок слишком мало, следовательно, при данной нагрузке произойдет разрушение точки. Об этом свидетельствует значение площади в данной задаче. По данным таблицы 1 был построен график зависимости силы от угла между плечами станции.

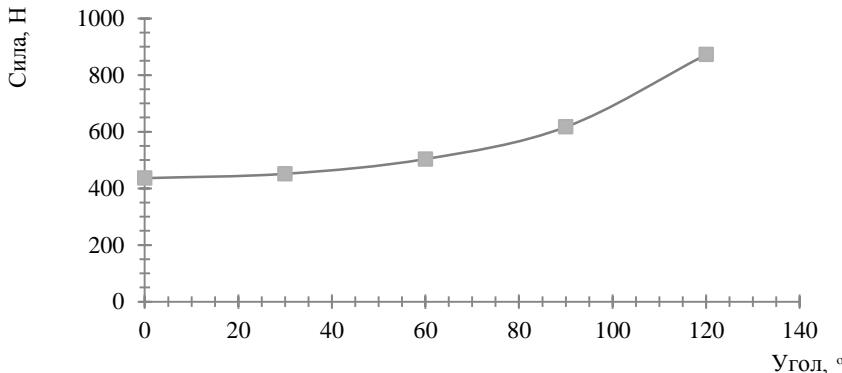


Рис. 3. График зависимости силы натяжения веревки от угла станции для плоской системы сил

На графике видно, что нагрузка на фиксированные точки возрастает при увеличении угла и расстояния между плечами станции.

Выводы

Была исследована зависимость силы натяжения нити от угла между плечами станции. Среди значений углов 0 – 120 градусов наилучшим значением угла, соответствующим балансу между силой и расстоянием между фиксированными точками, стал угол в 30 градусов. Для каждого случая нагрузка на фиксированные точки возрастает при увеличении угла и расстояния между плечами станции. Исследование такого рода актуально, так как существует необходимость проверить оптимальное значение угла станции на наибольшем количестве пород. Исследование будет продолжено, так как необходимо провести оценку нагрузки, приходящейся на различные виды станций (статичная, компенсаторная). Конечным результатом работы станет учебное пособие, которое можно будет использовать с целью повышения знаний и навыков юных альпинистов.

Литература

1. Parker M., Climbing R., Fishing F. Watershed Restoration Technical Bulletin. 2001. Р. 16 – 18.
2. Веденин С. Факторы рывка силы и нагрузки в страховочной цепи. – Высшая Горная Школа, 2012.
3. Ильницкая Е.И. Свойства горных пород и методы их определения. – М.: Недра, 1973.
4. Порцевский А.К., Катков Г.А. Основы физики горных пород, геомеханики и управление состоянием массива. – М.: Крмпи, 2004.

Исследование влияния «шкурки банана» на коэффициент трения

Калашников Матвей Глебович

7 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.И. Лапин

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



В работе исследовано, как изменяется коэффициент трения, если подложить под тело банановую кожуру. Произведены оценки влияния банановой кожуры на силу трения, сделано предположение об уменьшении коэффициента трения, которое подтверждено экспериментально.

Трение – процесс взаимодействия тел при их относительном движении (смещении), либо при движении тела в газообразной или жидкой среде. В некоторых ситуациях требуется уменьшить или увеличить силу трения.

Во многих комических фильмах герои, наступив на банановую шкурку, часто оказываются на полу. Мне стало интересно, что в это время происходит с точки зрения физики.

Чтобы уменьшить трение, нужно между трущимися поверхностями поместить жидкость или газ. Можно добавить шарики или ролики, тем самым заменив силу трения скольжения на силу трения качения, а как известно, сила трения качения меньше силы трения скольжения.

Банановая кожура представляет из себя два слоя: твердый и рыхлый. Со временем между ними образуется слизь, которая, если надавить на банан, выделится через рыхлую часть, уменьшая силу трения.

Для решения данной задачи было проведено два эксперимента.

В первом эксперименте я высчитал силу трения, а затем нашел коэффициент трения. Для этого по наклонной плоскости я спускал груз – стеклянную призму массой 300 граммов и измерял время, за которое призма преодолевала расстояние в 1 метр.

Таблица 1. Время движения груза с разных высот, длина желоба 1 м

Высота	40 см		60 см		
	№ измерения	без банана	с бананом	без банана	с бананом
1		1,09	0,98	0,98	0,70
2		1,15	0,92	0,98	0,84

Продолжение таблицы 1

3	0,9	0,83	0,93	0,73
4	1,13	0,84	0,92	0,82
5	1,09	0,97	1,09	0,86
6	0,97	0,98	0,94	0,81
7	1,14	0,87	0,92	0,80
8	1,06	0,83	0,93	0,89
9	1,03	0,95	1,11	1
10	1,12	0,82	0,99	0,8
Среднее	1,06	0,89	0,97	0,82

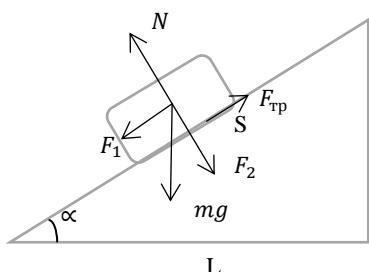


Рис. 1. Силы, действующие на тело

На основе полученных результатов рассчитываем коэффициент трения. Для этого расставим силы, действующие на тело.

$$F_1 - F_{\text{tp}} = ma.$$

$$F_1 = \sin(\alpha)mg,$$

$$\text{где } \sin(\alpha) = H/S \text{ и } a = 2S/t^2.$$

$$F_{\text{tp}} = Hmg/S - 2mS/t^2.$$

$$\mu = F_{\text{tp}}/N,$$

$$\text{где } N = F_2,$$

$$F_2 = \cos(\alpha)mg, \quad \cos(\alpha) = L/S = \sqrt{S^2 - H^2}/S.$$

$$\mu = \frac{Hmg/S - 2mS/t^2}{mg \sqrt{S^2 - H^2}/S} = \frac{Hg/S - 2S/t^2}{g \sqrt{S^2 - H^2}/S}.$$

Таблица 2. Коэффициент трения

	Высота 40, см	Высота 60, см
С бананом	0,53	0,56
Без банана	0,67	0,61

Таблица 3. Результаты измерений во втором эксперименте

	F _{tp} скольже-ния, Н	F _{tp} покоя, Н
С бананом	2,6	3,8
Без банана	3,2	4,6

Во втором эксперименте измерялась сила трения покоя и сила трения скольжения. Для этого я прикрепил тело к динамометру и тащил динамометр за нить, записывая полученные результаты. Затем под груз был подложен банан и повторены все действия. Чтобы вычислить силу

трения скольжения, я равномерно тянул груз по полу, а чтобы найти силу трения покоя, тянул тело до тех пор, пока оно не сдвигалось с места, и записывал наибольший результат.

Как видно из таблиц, при подкладывании банановой кожуры коэффициент трения уменьшался.

Так как на горизонтальной поверхности $N = mg$, то коэффициент трения вычислить легче:

$$\mu = F_{\text{тр}}/N, N = mg, \mu = F_{\text{тр}}/mg.$$

Таблица 4. Коэффициент трения

	Коэффициент трения скольжения	Коэффициент трения покоя
С бананом	0,8	1,2
Без банана	1,06	1,5

Данный эксперимент наглядно показал уменьшение коэффициента трения при подкладывании банановой кожуры, причем слишком легкое тело не сможет выдавить слизь из банана. Тяжелое же тело выдавливает эту слизь, коэффициент трения уменьшается.

Литература

1. Соловейчик И.А. Физика. Механика. Пособие для абитуриентов и старшеклассников. – СПб.: Агентство ИГРЕК, 1995.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике для инженеров и студентов вузов (4-е изд.). – М.: Наука, 1968.

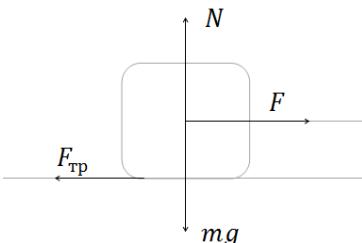


Рис. 2. Схема второго эксперимента

Исследование кольцевых волн, генерируемых водными каплями на поверхности воды

Ковалдов Дмитрий Алексеевич

9 класс, МОУ СОШ № 101, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Ю.А. Титченко
младший научный сотрудник ИПФ РАН



Исследование волн, генерируемых падающими водными каплями на поверхность воды, необходимо для изучения обратного рассеяния акустических и электромагнитных волн поверхностью воды в условиях дождя. В работе изучалось влияние кинетической энергии капли на генерируемые кольцевые волны. Проведено численное моделирование поверхности воды в условиях заданной интенсивности дождя, исследована работа струнного волнографа.

Для непрерывного мониторинга Мирового океана используются СВЧ-радиолокаторы, которые позволяют определять параметры волнения и скорость ветра. Дождь значительно влияет на отражение электромагнитных волн морской поверхностью. В условиях дождя характеристики отраженного сигнала меняются за счет отражения от падающих капель в воздухе и изменения поверхности воды упавшими каплями. Использование существующих алгоритмов восстановления дает значительную ошибку при определении параметров волнения и ветра в условиях дождя.

Необходимо узнать, как влияет дождь на водную поверхность и как учитывать его влияние. Для этого надо понять, как изменяется водная поверхность в условиях дождя. Для решения данного вопроса были поставлены следующие задачи. Во-первых, экспериментально оценивались поверхностные волны, генерируемые падающей каплей, регистрировалась форма волны с помощью волнографа при различных высотах падения капли и при различном расстоянии от места падения капли до волнографа. Во-вторых, на основе экспериментально измеренных характеристик поверхностной волны численно моделировалась поверхность воды сначала под действием одной капли, а затем под действием дождей различной интенсивности. Решение данных задач является первым этапом работы по изучению отражения электромагнитных и ультразвуковых волн от водной поверхности в условиях осадков.

Экспериментальное исследование поверхностных волн от капли дождя

Наибольшей простотой и точностью результатов отличается струнный волнограф, схема и фотография которого приведены на рисунке 1. Он представляет собой два параллельных электродов, вертикально погруженных в воду примерно на половину своей длины. При колебаниях уровня воды сопротивление между струнами изменяется пропорционально смоченной поверхности. Во избежание поляризации электродов вследствие электролиза воды схема питается переменным током. Необходимость крепления прибора неподвижно делает возможным его применение в открытом море только на морских платформах.

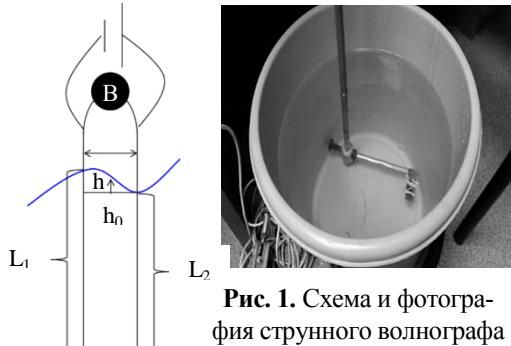


Рис. 1. Схема и фотография струнного волнографа

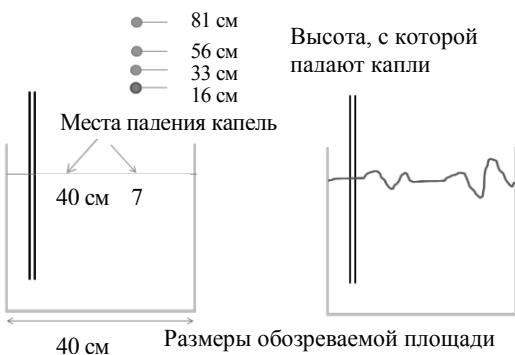


Рис. 2. Схема эксперимента

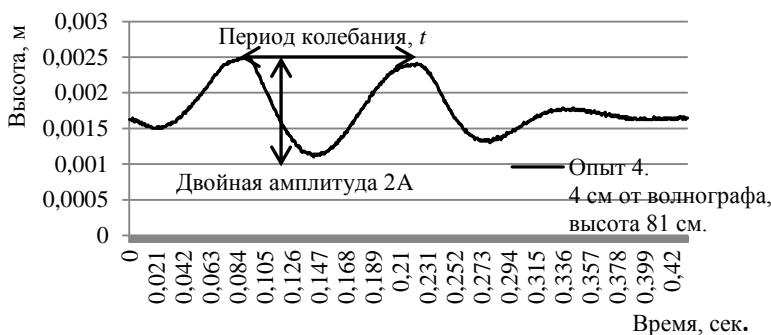


Рис. 3. Показания волнографа

После проведенного эксперимента был замерен объем капли, он равен $1/23$ мл, из чего можно сделать вывод, что примерный радиус

капли равен 2 мм. При подстановке этих данных в нашу программу можно создать реальный дождь с каплями размером 1/23 мл.

Модель кольцевых волн, генерируемых дождем

Предположим, что волны, расходящиеся от падающих капель, представляют собой синусоидальную волну, разбегающуюся во все стороны со спадающей от расстояния амплитудой. Высота волны будет описываться в полярных координатах следующей формулой:

$$h = A \sin(kr - \omega t + \varphi), \quad (1)$$

где r – расстояние от места падения капли, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ – волновое число, $\omega = 2\pi/t_b$ – круговая частота, t – момент времени, φ – случайная фаза (в нашей работе была равной 0), A – амплитуда колебания.

Для моделирования полноценного дождя необходимо случайным образом выбирать место падения капель. Чтобы рассчитать интервал выпадения капель, воспользуемся следующей формулой определяющей интенсивность дождя:

$$RR = \frac{H}{t}. \quad (2)$$

Интенсивность дождя (измеряется в мм/ч), H – высота столба воды, выпавшей за время t .

Для определения радиуса и объема выпавших капель воспользуемся формулой объема шара, измеряемой в метрах в кубе:

$$V_0 = \frac{4}{3}\pi R^3. \quad (3)$$

Из этого уравнения мы получили радиус капли, который в дальнейшем ввели в программу.

Далее надо было определить интервал времени между падениями капель в зависимости от интенсивности дождя:

$$T = \frac{t}{N}, \quad (4)$$

где T – интервал падения капель, H – высота столба воды, выпавшей за время t .

$$H = t * RR, \quad (5)$$

H – высота столба воды, RR – интенсивность дождя, t – момент времени.

$$V = H * S, \quad (6)$$

где V – объем всей выпавшей воды, H – высота столба воды, S – площадь бассейна, в котором мы производим измерения.

$$N = \frac{V}{V_0}, \quad (7)$$

где N – количество выпавших капель, V – объем всей выпавшей воды, V_0 – объем одной капли.

$$N = \frac{H * S}{V_0} \Rightarrow T = \frac{t * V_0}{H * S} \Rightarrow T = \frac{V}{S * RR}. \quad (8)$$

Интервал падения капель $T = V/S * RR$ (измеряется в секундах).

Для вычисления волнового числа мы воспользовались дисперсионным соотношением круговой частоты и волнового числа:

$$\omega = \sqrt{gk + \frac{\sigma}{\rho} k^3}, \quad (9)$$

где σ – коэффициент поверхностного натяжения, ρ – плотность.

Для определения энергии волны потребовалось вычислить дисперсию высот поверхности:

$$Disp = \frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{n}. \quad (10)$$

$$E_{\text{волны}} = 2\rho_B g \pi Disp. \quad (11)$$

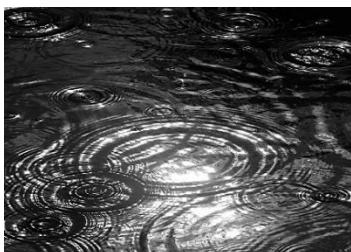
Фазовая скорость $v_\phi = \omega/k$, групповая скорость $v_g = d\omega/dk$, потенциальная энергия $E_p = mgh$, кинетическая энергия $E_k = \frac{mv^2}{2}$.

Для более реального результата необходимо было добавить формулу спадания амплитуды волны:

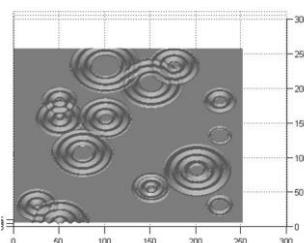
$$h = h_0 * \sqrt{r_0/r}, \quad (12)$$

где h – высота волны в данный момент, h_0 – начальная высота волны, r_0 – начальный радиус волны, r – радиус волны в данный момент.

Формула спадания амплитуды волны зависит от радиуса, на который отошла волна от места падения, то есть чем больше радиус, тем меньше амплитуда.



а – реальное изображение



б – смоделированное изображение

Рис. 3. Сравнение смоделированного и реального изображения поверхности воды под действием дождя

Выводы

Создана полноценная программа, моделирующая поверхность воды во время дождя. В дальнейшем при помощи данной программы можно будет избавиться от погрешности, возникающей при рассеивании волн во время дождя СВЧ – радиолокаторов.

Литература

1. Weissman D.E., Bourassa M.A. Measurements of the Effect of Rain-induced Sea Surface Roughness on the Satellite Scatterometer Radar Cross Section. IEEE Trans // Geosci. Remote Sens., 2008, 46. P. 2882 – 2894.
2. Коровин В.П. Океанологические наблюдения в прибрежной зоне моря. Учебное пособие. – СПб: РГГМУ, 2007.
3. Мельник Ю.А., Зубкович С.Г., Степаненко В.Д. и др. Радиолокационные методы исследования Земли. – М.: Советское радио, 1980. – 264 с.

Разработка устройства для компьютерной регистрации напряжения, медленно изменяющегося во времени

Краснокутский Артем Иванович

8 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель П.А. Шилягин,
научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук



Предложено и экспериментально проверено устройство, позволяющее регистрировать с помощью персонального компьютера медленно меняющееся во времени напряжение. Устройство преобразует постоянное напряжение в переменное с частотой около 1000 Гц и амплитудой, соответствующей напряжению исследуемого источника.

В настоящее время существуют задачи, в которых необходимо регистрировать изменения электрических величин, происходящие за единицы секунд (реакции коррозии, нанесение гальванических покрытий). Такой интервал труднодоступен для распространенной аппаратуры. Для осциллографа временной интервал, в котором происходят изменения, слишком велик: мультиметры не могут вести синхронную запись сигнала, а вручную на исследуемом интервале времени будет возникать большая погрешность. В связи с этим возникла необходимость в создании собственного регистратора на основе звуковой платы компьютера. Звуковая карта (звуковая плата, аудиокарта) – дополнительное оборудование персонального компьютера, позволяющее обрабатывать звук (выводить на акустические системы и/или записывать). В момент их появления звуковые платы представляли собой отдельные карты расширения, устанавливаемые в соответствующий слот. В современных материнских платах звуковые карты представлены, как правило, в виде интегрированного в материнскую плату аппаратного кодека.

Звуковая плата имеет 2 внешних разъема: выход (к этому разъему подключаются наушники, динамики и т. д.) и вход. Вход может быть использован как для записи сигнала с микрофона, так и для записи в «линейном» режиме («линейный вход»). Сигнал на линейном входе должен представлять собой переменное напряжение амплитудой не более 1 В. Постоянное напряжение звуковая плата регистрировать не может (для ее безопасности). Чтобы обойти этот недостаток аппарата-

ры, было принято решение о создании собственного устройства, преобразующего постоянное напряжение в переменный сигнал с частотой 1 кГц и амплитудой, соответствующей измеряемому напряжению.

Устройство конструктивно состоит из двух блоков – генератора и умножителя. Генератор (рис. 1) формирует переменное напряжение с частотой 1 кГц. Амплитуда колебаний определяется напряжением питания генератора. Умножитель производит умножение переменного напряжения с генератора на величину напряжения исследуемого источника.

Пусть в начальный момент времени на входе 1 напряжение равно 0. Тогда на выходе 2 формируется напряжение +5В (логическая «единица», напряжение питания). Соответственно, на выходе 3 напряжение равно 0. На выходе 4 снова «единица». Между выходом 4 и входом 1 возникает разность потенциалов в 5В, и через резистор R начинает течь ток, который заряжает конденсатор C, изначально бывший незаряженным. Как только напряжение в точке 1 становится таким, что микросхема воспринимает его как логическую единицу (около 1,5В), на выходе 2 напряжение становится равным 0. Соответственно, на выходе 3 напряжение соответствует логической «единице», на выходе 4 – нулю, и конденсатор начинает разряжаться. Когда напряжение в точке 1 снова упадет до логического «нуля», все элементы микросхемы сменят свое состояние. Так будет продолжаться до тех пор, пока на схему подается питание. Это явление называется генерацией. Роль усилителя здесь играют логические элементы, а обратная связь организуется через сопротивление R и конденсатор C.

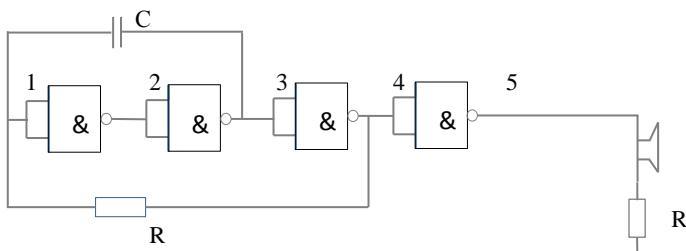


Рис. 1. Схема генератора на четырех логических элементах и-не, включенных в режиме инвертора

Очевидно, что время переключения между состояниями первого элемента будет определяться скоростью заряда конденсатора, которая зависит от его емкости и силы тока в цепи сопротивления. Изме-

няя любой из этих параметров, можно управлять периодом и частотой генерации. В ходе экспериментальной проверки данного утверждения изменялась емкость конденсатора.

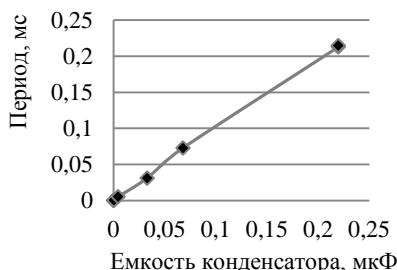


Рис. 2. Зависимость периода генерации от емкости конденсатора

На рисунке 2 показана зависимость периода генерации от емкости конденсатора. Хорошо видно, что период генерации оказывается в прямо пропорциональной зависимости от емкости конденсатора, что позволяет точно указать значение емкости, при которой период будет составлять требуемую величину (в нашем случае 1 мс).

Для более стабильной работы схемы выходной сигнал снимается через четвертый инвертор, что не допускает влияния нагрузки на цепь обратной связи.

В качестве умножителя используется транзистор KT315A (рис. 3). На базу подается небольшое напряжение, которое «открывает» транзистор и по величине не превышает напряжения источника питания. В нашем случае напряжение источника составляет приблизительно 0,6 В, поэтому напряжение на базе можно выбрать 0,1 – 0,2 В.

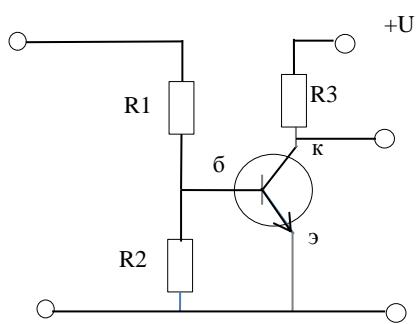


Рис. 3. Использование транзистора в качестве ключа

Прикладывая к транзистору напряжение исследуемого источника питания, мы будем наблюдать наличие тока через резистор R3 в те моменты, когда напряжение на базе положительно, и отсутствие тока – когда напряжение отсутствует. При этом величина силы тока будет пропорциональна напряжению источника питания.

Результаты эксперимента представлены на рисунке 2. Хорошо видно, что период генерации оказывается в прямо пропорциональной зависимости от емкости конденсатора, что позволяет точно указать значение емкости, при которой период будет составлять требуемую величину (в нашем случае 1 мс). Для более стабильной работы схемы выходной

Мы используем делительный каскад R1-R2 для уменьшения напряжения сигнала, поступающего с генератора. Напряжение на резисторе R2 определяется напряжением, приложенным к делительному каскаду, и отношением величины этого сопротивления к суммарному сопротивлению (R_1+R_2). Прикладывая к транзистору напряжение исследуемого источника питания, мы будем

Заключение

В ходе работы предложено и экспериментально проверено устройство, позволяющее регистрировать медленно меняющееся во времени напряжение с помощью персонального компьютера. Устройство конструктивно состоит из двух блоков – генератора и умножителя. Оно преобразует постоянное напряжение в переменное с частотой около 1000 Гц и амплитудой, соответствующей напряжению источника питания.

Литература

1. *Перышкин А.В.* Физика. 8 кл. Учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2009. – 191с.
2. Физика. 8 кл. Учеб. для общеобразоват. учреждений / Под ред. А.А. Пинского, В.Г. Разумовского. – М.: Просвещение, 2011. – 256 с.
3. Полупроводниковые приборы. Транзисторы малой мощности: справочник / А.А. Зайцев, А.И. Миркин, В.В. Мокряков и др. Под ред. А.В. Голомедова. – М.: Радио и связь, 1994. – 384 с.

Демонстрация бесконтактных методов передачи электромагнитной энергии на основе системы двух или нескольких катушек

Надршина Яна Камильевна

11 класс, лицей № 180, ШЮИ ИПФ РАН

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



В процессе проведенного исследования была разработана и реализована схема устройства, позволяющего осуществить беспроводную работу электронных приборов. Исследована зависимость влияния изменения параметров системы на КПД устройства. Разработаны рекомендации для создания данной системы с наибольшим КПД.

В наши дни все большую популярность приобретают системы подзарядки электронных устройств без присоединения их к источнику питания. Существует несколько схем, позволяющих осуществить беспроводную подзарядку. Но основная идея заключается в осуществлении передачи энергии в системе двух катушек в результате электромагнитной индукции. Проверка жизнеспособности и практичности подобной системы было основной целью работы.

Модель устройства, позволяющая осуществить беспроводную работу электрических приборов, представляет систему двух коаксиальных катушек разного диаметра с равным количеством витков, помещенных одна в другую. Проведено исследование оптимальной частоты работы системы двух коаксиальных катушек. На внешнюю катушку подавалось постоянное по амплитуде переменное напряжение и изменялась частота, снимались показания напряжения с внутренней катушки. По данным, полученным в ходе эксперимента, построен график зависимости постоянного напряжения от частоты (рис. 1).

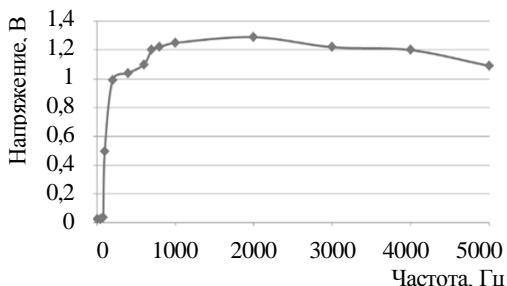


Рис. 1. График зависимости постоянного напряжения от частоты

Оптимальная частота равна 2 кГц. Наличие оптимальной частоты и поведение графика можно объяснить, исходя из формулы полного сопротивления системы:

$$Z = \sqrt{(\omega L)^2 + R^2},$$

где L – индуктивность внутренней катушки (значительно меньше единицы), R – сопротивление проволоки, из которой намотана катушка.

При небольших частотах реактивным сопротивлением можно пренебречь, то есть $\omega L \rightarrow 0$, тогда общее сопротивление $Z = R$, то есть получаем закон Ома, при котором зависимость представляется прямой линией, что и отражается на графике при небольших частотах. Как только частоты становятся значимыми для реактивного сопротивления, пренебречать ими не стоит – вторая часть графика объясняется наличием реактивного сопротивления. Для подтверждения наличия индуктивного сопротивления во второй половине графика была рассчитана индуктивность катушки несколькими методами [3].

На оптимальной частоте была исследована работа системы при нахождении катушек на расстоянии. На катушку 1 с большим диаметром подавалось постоянное по амплитуде переменное напряжение U при частоте 2 кГц. Изменялось расстояние между катушками (считалось расстояние между центрами катушек) и снимались показания напряжения с катушки 2 (рис. 2).

По результатам, полученным в ходе эксперимента, был построен график зависимости напряжения на малой по диаметру катушке от расстояния между центрами катушек (рис. 3). Прослеживается следующая зависимость: чем больше расстояние между катушками, тем значения напряжения на второй катушке меньше.

Во время проведения экспериментов ко вторичной катушке (катушка 2) была под-

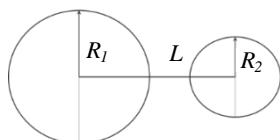


Рис. 2. Схема расположения катушек

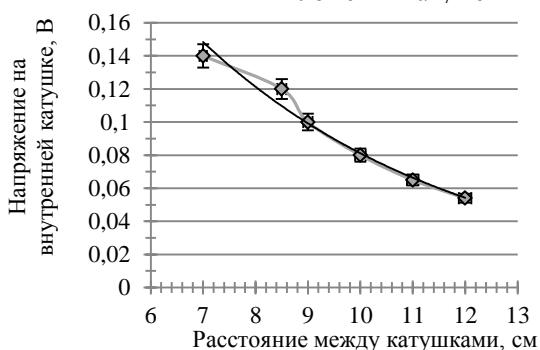


Рис. 3. График зависимости напряжения на малой по диаметру катушке от расстояния между центрами катушек

ключена лампочка, которая работала на расстоянии до 2 см между катушками. Максимальная мощность, достигнутая в ходе работы, составила 1,3 Вт.

В непосредственной близости с установкой были включены несколько телефонов и электрических приборов, что никак не отразилось на работе установки. Это подтверждает электромагнитную совместимость установки с другими электронными устройствами.

Далее была исследована зависимость изменения КПД устройства от разных параметров системы. Были намотаны вторичные катушки диаметром $D = 2,9$ см на 20, 50 и 70 витков из проволок разного поперечного сечения. Диаметр первой проволоки $d = 0,075$ см, второй проволоки $d = 0,016$ см. Проводились измерения напряжения на вторичных катушках в зависимости от их расположения относительно первичной катушки (рис. 4).

На большую (основную) катушку, подключенную к генератору, подавалось постоянное напряжение $U_{\text{вых}} = 10,7$ В, при частоте $v = 3$ кГц, необходимые характеристики основной катушки: диаметр проволоки 1,05 мм, диаметр основной катушки 4,5 см, длина внутренней катушки 19,5 см. Большая катушка использовалась в первом эксперименте как внутренняя.

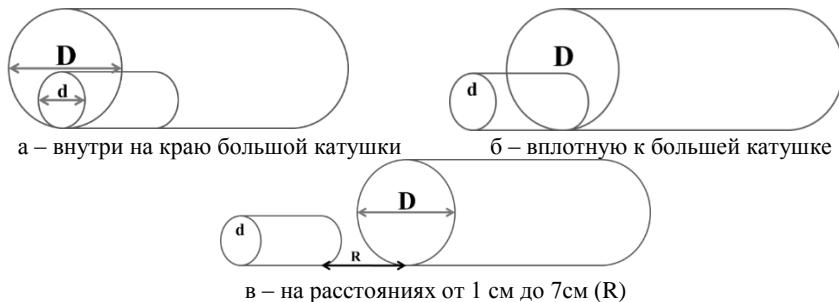


Рис. 4. Схемы расположения катушек в эксперименте

Катушки 1 и 3 имеют диаметр поперечного сечения проволоки $d=0,075$ см. Катушка 1 состоит из 20 витков, катушка 3 состоит из 70 витков. В дальнейшем на графиках они указываются, как большая 20 и большая 70. Катушки 2 и 4 имеют диаметр поперечного сечения проволоки $d=0,016$ см. Катушка 2 состоит из 50 витков, катушка 4 состоит из 70 витков. В дальнейшем на графиках они указываются, как маленькая 50 и маленькая 70.

По результатам экспериментов построен график зависимости получаемого напряжения от расстояния между катушками (рис. 5).

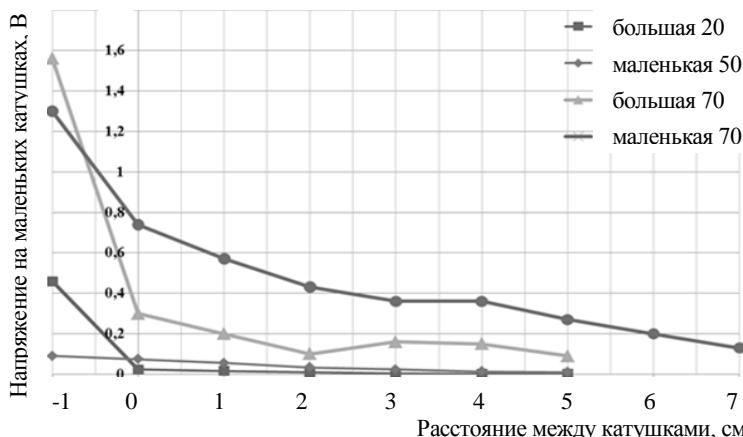


Рис. 5. График зависимости получаемого напряжения от расстояния между катушками

Произведено сравнение значений напряжения, полученного в ходе эксперимента при разном диаметре поперечного сечения проволоки вторичных катушек. Прослеживается зависимость: чем меньше диаметр проволоки вторичной катушки, тем большие значения напряжения получаются.

Была проанализирована зависимость получаемого напряжения от расстояния между основной и вторичной катушками, при разном количестве витков на катушке с одинаковым диаметром поперечного сечения проволоки. В обоих случаях, чем больше количество витков, тем большее получаемое напряжение.

Максимальный КПД данной установки, достигнутый на минимальном расстоянии, составил 15,3% при использовании катушки с тонкой проволокой и количеством витков, равным 70. КПД, достигнутый в системе двух коаксиальных катушек, рассмотренной в первом эксперименте, составил 20,1% с учетом тепловых потерь при работе системы на расстоянии 13%. В таком случае отношение диаметров катушек равно 1,45, а в вышеописанной системе – 1,55 (табл.).

В ходе эксперимента проводились измерения напряжения на маленьких катушках с диаметром 0,5 см, но на минимальном расстоянии значения получились мало отличающимися от нуля, так как велика разница в диаметрах основной и вторичной катушек (отношение равно 9).

Таблица. Значение параметров (характеристик) систем, при которых был получен наибольший КПД в системах

Характеристика системы	Значение	КПД
Частота	3 кГц	15,3%
Количество витков во вторичной катушке	70	
Диаметр проволоки	0,016 см	
Отношение диаметров катушек	1,55	
Максимальное расстояние работы установки	7 см	
Сопротивление вторичной катушки	0,0002 Ом	
Максимальное отношение напряжений $U_{\text{пол}}/U_{\text{вых}}$	0,12	
Максимальная мощность установки	0,8 Вт	
Характеристика системы	Значение	КПД
Частота	2 кГц	20,7 %
Количество витков во вторичной катушке	273	
Диаметр проволоки	1,05 см	
Индуктивность вторичной катушки	21 мкГн	
Отношение диаметров катушек	1,45	
Максимальное расстояние работы установки	7 см	
Сопротивление вторичной катушки	0,6245 Ом	
Тепловые потери	9,3%	
Максимальная мощность установки	1,3 Вт	

В процессе исследования были разработаны рекомендации для создания данной системы с наибольшим КПД:

1. Увеличение количества витков, сопровождаемое уменьшением радиуса поперечного сечения проволоки, приводит к увеличению получаемого напряжения.

2. Увеличение отношения диаметров катушек приводит к увеличению частоты, на которой достигается максимальная мощность системы.

3. Для получения выгодных значений напряжений необходимо, чтобы диаметры обеих катушек в системе были схожими и их отношение было меньше двух.

4. Чем меньшее количество витков во вторичной катушке, тем зависимость напряжения от расстояния между основной и вторичной катушками более линейна.

5. Увеличение количества витков во вторичной катушке позволяет работать системе на большем расстоянии.

Заключение

В процессе проведенного исследования была разработана и реализована схема устройства, позволяющего заряжать электрические

приборы без присоединения их к источнику питания. Проанализированы необходимые характеристики такого устройства для получения наиболее выгодной мощности.

Для зарядки телефонов необходима мощность от 2 до 3 Вт, в зависимости от модели телефона. Мощность, полученная в ходе работы, равна 1,3 Вт. На основании этого факта можно утверждать, что зарядка гаджетов от такой системы возможна. В процессе исследования было выяснено, что электромагнитные излучения, создаваемые устройством (на данных частотах), не создают проблем в работе сотового телефона.

Исследовано влияние изменения параметров системы на КПД устройства. Найдено максимальное расстояние, при котором достигается минимальная мощность, позволяющая работать лампочке.

Увеличение количества витков, сопровождаемое уменьшением радиуса поперечного сечения проволоки, приводит к возрастанию получаемого напряжения. Выяснено, что для получения выгодных значений напряжений необходимо, чтобы радиусы обеих катушек в системе были схожими и их отношение было меньше двух. Увеличение отношения диаметров катушек приводит к увеличению частоты, на которой достигается максимальная мощность системы.

По данным, полученным в ходе экспериментов, можно утверждать, что чем меньшее количество витков во вторичной катушке, тем зависимость напряжения от расстояния между основной и вторичной катушками более линейна.

В ходе данной работы были разработаны рекомендации для создания системы, позволяющей работать электронным устройствам без присоединения их к источнику питания с наибольшим КПД и приведены значения КПД, полученного в работе при оптимальных параметрах и характеристиках системы.

Литература

1. *Кабардин О.Ф.* Физика: справочные материалы. Учебное пособие для учащихся. – М.: Просвещение, 1985. – 359 с.
2. *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Теоретическая физика, Т. 8: Электродинамика сплошных сред. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. – 621 с.
3. *Надришина Я.К.* Расчет индуктивности внутреннего контура в системе двух коаксиальных катушек // Школа юного исследователя: Сборник исследовательских работ учащихся / Под общ. ред. А.И. Ермилина. – Выпуск 6. – Н.Новгород, 2013. – 171 с. – С. 55 – 59.
4. *Стреттон Дж.А.* Теория электромагнетизма. – М.: ГИТГЛ, 1948. – 539 с.

Электропроводимость пламени

Соловьева Дарья Вячеславовна

11 класс, МБОУ «Лицей», г. Арзамас

Научный руководитель Д.С. Кочешков,
преподаватель физики МБОУ «Лицей», г. Арзамас

Исследована электропроводимость пламени. Рассмотрена зависимость напряжения пробоя воздуха от расстояния между электродами и температуры электродов. Построена вольтамперная характеристика пламени. Рассмотрена зависимость тока насыщения и напряжения пробоя от источника пламени, расстояния между электродами, температуры электродов.

Может ли огонь проводить электрический ток? Если да, то от каких параметров зависит проводимость пламени?

Рассматривая данную проблему, мы поставили перед собой следующие задачи: выяснить, что представляет собой пламя, имеются ли в нем свободные заряженные частицы; экспериментально построить вольтамперную характеристику пламени; найти параметры, влияющие на проводимость пламени.

Из школьного курса физики известно, что электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике под действием электрического поля. Газы при нормальных условиях состоят из электрически нейтральных молекул, поэтому являются хорошими диэлектриками. Для того, чтобы газ начал проводить электрический ток, надо, чтобы в нем появились свободные электрические заряды, то есть газ необходимо ионизировать.

Плазму делят на низкотемпературную (температура меньше миллиона градусов К) и высокотемпературную (температура равна миллиону градусов К и выше). Такое деление обусловлено важностью высокотемпературной плазмы в осуществлении управляемого термоядерного синтеза. Разные вещества переходят в состояние плазмы при различной температуре, что объясняется строением внешних электронных оболочек атомов вещества: чем легче атом отдает электрон, тем ниже температура перехода в плазменное состояние.

Для низкотемпературной плазмы характерна незначительная степень ионизации (до 1%). Так как такие плазмы довольно часто употребляются в технологических процессах, их иногда называют технологичными плазмами. Горячая плазма почти всегда полностью ионизирована (степень ионизации ~100%). Обычно именно она по-

нимается под «четвертым агрегатным состоянием вещества». Примером может служить Солнце.

Горение – сложное, быстро протекающее химическое превращение исходных веществ в продукты сгорания, сопровождающееся выделением значительного количества тепла и обычно ярким свечением (пламенем). В большинстве случаев основу горения составляют экзотермические окислительные реакции вещества, способного к горению с окислением [1].

Учитывая в вышесказанном все отличительные черты плазмы, можно сделать следующий вывод: огонь – это низкотемпературная плазма, обладающая всеми ее свойствами, но в меньшей степени.

Выяснить, имеются ли в пламени свободные заряженные частицы, мне помог следующий опыт. Соберем цепь, состоящую из источника высокого напряжения, двух пластин конденсатора и зажженной спиртовки, находящейся в области между пластинами (рис. 1а). Включая источник высокого напряжения, наблюдаем, что пламя отклоняется (рис. 1б) преимущественно в сторону положительно заряженной пластины, но в то же время имеется небольшое смещение пламени и в сторону отрицательной пластины. Это свидетельствует о наличии в нем как положительно, так и отрицательно заряженных частиц, то есть в теории пламя может проводить электрический ток.

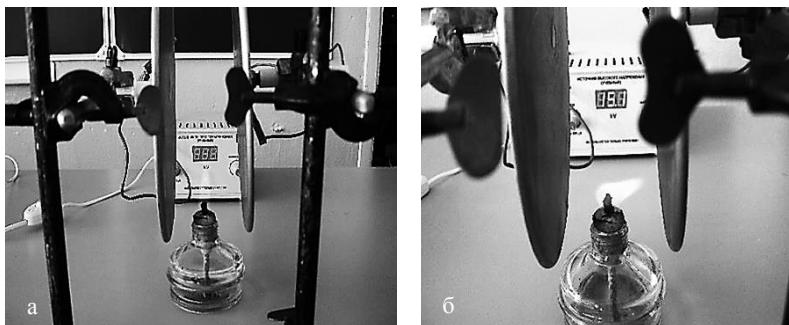


Рис. 1. Отклонение пламени на спиртовки между пластинами заряженного воздушного конденсатора

Для рассмотрения проводимости пламени соберем установку, состоящую из источника высокого напряжения, микроамперметра и двух электродов (рис. 2). В качестве электродов были взяты два гвоздя на деревянных держателях. Чтобы микроамперметр не перегорел от большого тока пробоя, вначале амперметр убирается из цепи, измеря-

ется напряжение пробоя при определенном расстоянии между электродами. В дальнейшем при измерении тока следим, чтобы напряжение на электродах было всегда меньше напряжения пробоя.

Перед изучением проводимости пламени был проведен ряд опытов по рассмотрению электрического разряда в воздухе, чтобы:

1) убедиться в том, что в данной установке нет тока до момента пробоя;

2) определить напряжения пробоя воздуха для различных расстояний между электродами;

3) изучить изменения напряжения пробоя воздуха при нагревании электродов.

Начнем с последнего из вышеперечисленных опытов – уберем из установки микроамперметр и установим электроды на расстоянии 0,4 см. Напряжение пробоя воздуха при таком расстоянии получилось равным 16,2 кВ. Нагреем электроды с помощью спиртовки. Уменьшение напряжения пробоя от длительности нагревания приведено в таблице 1. Уменьшение напряжения пробоя воздуха при нагревании можно объяснить тем, что при увеличении температуры электронам легче вырваться с поверхности металла.

Таблица 1. Значение напряжения пробоя воздуха при различной длительности нагревания электродов

Время нагревания, сек	0	10	15	20	40
Напряжение пробоя, кВ	16,2	14	12,3	9,6	8,5

При подключении в цепь микроамперметра и включении электрического напряжения (меньше напряжения и близкого к напряжению пробоя) стрелка микроамперметра находится на нуле. Это означает, что ток через воздух протекает только при условии пробоя воздуха.

Выясним, как меняется напряжение пробоя воздуха при увеличении расстояния между электродами. По данным, полученным в процессе эксперимента (табл. 2), заметим, что при увеличении расстояния между электродами напряжение пробоя возрастает.

Мы убедились в том, что в воздухе электрического тока нет до момента его пробоя, напряжение пробоя более 8 кВ, даже если элек-

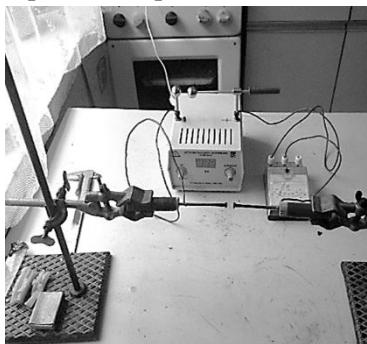


Рис. 2. Установка для снятия вольтамперной характеристики пламени

троды сильно нагреты. Поэтому следующим экспериментом определим напряжение электрического пробоя, когда оба электрода находятся в пламени спиртовки. Для этого уберем амперметр из установки и установим электроды на расстоянии 0,8 см. По данным напряжения и силы тока пострим график зависимости электрического тока в пламени спиртовки от напряжения между электродами.

Таблица 2. Значение напряжения пробоя воздуха при различном расстоянии между электродами

Расстояние между электродами, см	0,4	0,8	1,2	1,6
Напряжение пробоя, кВ	16	25	> 30	> 30

Таблица 3. Значения электрического тока в пламени при различных напряжениях

U, кВ	0,8	1,1	1,6	1,8	2,25	2,4	2,55
I, mA	7,5	10	12,5	17,5	20,5	21,5	22

U, кВ	2,8	3,2	3,6	4,5	5,8	6,1	6,3
I, mA	23,5	24,5	25	25	25	25	100

По графику (рис. 3) можно увидеть, что до напряжения 3,2 кВ сила тока увеличивалась и достигла максимального значения. В интервале напряжения от 3,2 до 6 кВ сила электрического тока не изменялась. При напряжении более 6 кВ происходил электрический пробой и наблюдался разряд.

Проанализировав график, можно заметить, что до напряжения 3,2 кВ сила тока прямо пропорциональна напряжению. После 3,2 кВ сила тока достигает своего максимального значения, то есть все ионы, которые имеются в пламени, участвуют в переносе электрического заряда. При увеличении напряжения почти в 2 раза (до 6 кВ) сила тока не изменяется, так как нет больше свободных зарядов. Дальнейшее резкое и скачкообразное возрастание силы тока и наблюдающиеся искры свидетельствуют об электрическом разряде воздуха.

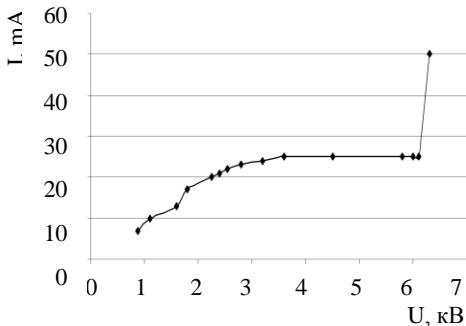


Рис. 3. Вольтамперная характеристика пламени спиртовки

Расположение электродов относительно друг друга (изменение полярности, расположение «положительный – сверху, отрицательный – снизу» и наоборот) при неизменном расстоянии между ними никак не влияет на ток насыщения, напряжение тока насыщения и напряжение пробоя.

Рассмотрим, как изменяются ток насыщения, напряжение, при котором ток достигает своего максимального значения, напряжение пробоя в зависимости от расстояния между электродами для пламени свечи и органического стекла. В данном эксперименте мы меняем расстояние между электродами от 0,4 см до 1,6 см, результаты эксперимента представлены в таблице 4, графики зависимости напряжения пробоя от расстояния между электродами для каждого вещества – на рисунке 4. Проанализировав их, можно сделать следующие выводы: ток насыщения не зависит от заряда между электродами, но при увеличении расстояния между ними и постоянном значении тока насыщения напряжение тока насыщения и напряжение пробоя возрастают.

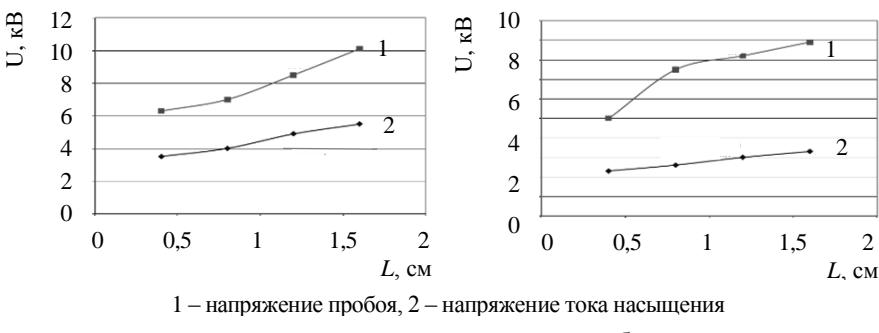


Рис. 4. Зависимость напряжения пробоя и минимального напряжения тока насыщения при различных расстояниях между электродами

Таблица 4. Ток насыщения, минимальное напряжение тока насыщения и напряжение пробоя при различных расстояниях между электродами для свечи и органического стекла

Параметр	Свеча				Орг. стекло			
	0,4	0,8	1,2	1,6	0,4	0,8	1,2	1,6
I _{нас.} , мА	0,3	0,3	0,3	0,3	0,38	0,35	0,4	0,35
U _{нас.} , кВ	2,3	2,6	3	3,2	3,4	4	4,9	5,5
U _{пробоя} , кВ	5,8	7,5	8,4	9,2	6,3	7	8,5	10

Мы проанализировали значение силы тока от интенсивности горения спиртовки. Так, при средней интенсивности пламени, при которой проводились все опыты, значение силы тока равно 25 mA. При большом пламени сила тока равна 37 mA; при маленьком – 14 mA. Можно увидеть (табл. 4), что ток насыщения свечи меньше, чем органического стекла. Это может быть связано с тем, что оргстекло горит сильнее, чем свеча.

Выводы

В ходе работы мы убедились в том, что воздух не проводит электрический ток до момента электрического разряда, а напряжение пробоя воздуха зависит от температуры электродов и расстояния между ними. Выяснили, что пламя содержит свободные заряженные частицы и способно проводить электрический ток. Построили вольт-амперную характеристику пламени и определили некоторые параметры, которые влияют на его электропроводность:

- 1) сила тока насыщения зависит от интенсивности горения топлива и не зависит от расстояния между электродами;
- 2) проводимость пламени не зависит от взаимного расположения электродов;
- 3) напряжение, при котором наступает ток насыщения, и напряжение пробоя зависят от расстояния между электродами.

Литература

1. Горение. Сайт Химик [Электронный ресурс]:
<http://www.xumuk.ru/bse/731.html>.

Исследование температурной зависимости оптических характеристик кристалла тербий-галлиевого граната для создания криогенного изолятора Фарадея

Филимонов Александр Георгиевич
11 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Д.С. Железнов,
научный сотрудник ИПФ РАН, кандидат физико-математических наук



Работа посвящена исследованию температурных зависимостей термооптических характеристик (α , P , Q) кристалла TGG. В ходе работы разработан криогенный изолятор Фарадея, обеспечивающий степень изоляции 30 дБ при мощности излучения до 5 кВт.

В настоящее время сложно представить себе сферу человеческой деятельности, где бы не применялась в том или ином виде лазерная техника. Это обуславливает ее интенсивное развитие в направлениях как расширения диапазона доступных длин волн генерируемого излучения, так и мощности излучения. Но с ростом мощности лазерного излучения необходимость «экранирования» лазера от вышедшего из него излучения становится особенно острой. Попадание даже малой части столь мощного излучения обратно в лазер приводит кискажениям, ухудшению качества генерируемого лазером излучения, может привести даже к повреждению дорогостоящих оптических элементов, выходу из строя источника излучения, остановке технологического процесса, а в отдельных аварийных случаях – угрожать безопасности персонала, обслуживающего установку.

Задачи подобного рода может решать оптический вентиль – изолятор Фарадея (ИФ), других альтернативных способов для предохранения лазера от его собственного излучения нет. Это делает ИФ одним из ключевых элементов описываемых лазерных схем.

Принцип работы оптического вентиля базируется на эффекте Фарадея – эффекте вращения плоскости поляризации лазерного излучения некоторыми оптическими средами, помещенными в магнитное поле. Величина поворота плоскости поляризации зависит от свойств оптической среды, температуры, длины волны излучения.

Проблема заключается в том, что при увеличении мощности в ИФ растут паразитные термонаведенные эффекты из-за поглощения

излучения. Для продвижения в диапазон мощностей свыше нескольких киловатт требуется надежный способ снижения таких эффектов. Например, создание криогенного изолятора Фарадея – устройства, в котором охлаждению жидким азотом подвергаются и магнитооптический элемент, и магнитная система. В результате исследования прошлого года мы выяснили, что постоянная Верде растет при охлаждении обратно пропорционально температуре, что позволяет при сохранении угла поворота плоскости поляризации в 45 градусов во столько же раз укоротить МОЭ, а значит существенно снизить термонавенные эффекты. Работа посвящена экспериментальному исследованию температурной зависимости оптических характеристик кристалла тербий-галлиевого граната в диапазоне 80 – 300 К с целью использования в криогенном изоляторе Фарадея. В ходе работы разработана методика экспериментального исследования характеристик оптических сред при охлаждении жидким азотом, систематизированы результаты, сформулированы выводы о целесообразности создания криогенного изолятора Фарадея.

ИФ для высокой средней мощности излучения характеризуется величиной фокуса тепловой линзы (возникающей из-за зависимости показателя преломления от температуры) и степенью изоляции. Оптическая сила тепловой линзы определяется формулой [1]:

$$F_T^{-1} = \frac{1}{4\pi r_0^2} \left(\frac{\alpha L P}{\kappa} P_{las} \right),$$

где α, K – коэффициенты поглощения и теплопроводности среды; P – термооптическая постоянная; L – длина МОЭ; λ, P_{las} – длина волны, мощность падающего излучения; r_0 – радиус лазерного пучка по уровню e^{-1} .

Степень изоляции определяется поляризационными искажениями – величиной деполяризации, вносимой магнитооптическим элементом в проходящее излучение. «Холодная» деполяризация, возникающая в магнитоактивных элементах из-за неоднородности и неидеальности оптического элемента, как правило, мала ($\sim 10^{-4}$). Деполяризация излучения, обусловленная поглощением в оптических элементах, называемая «горячей» или «термонаведенной», возникает как из-за температурной зависимости постоянной Верде, так и в связи с фотоупругим эффектом. Она зависит от мощности оптического излучения. В мощных лазерных системах именно эти типы деполяризации излучения, значительно превышая «холодную», определяют степень изоляции.

Термонаведенная деполяризация излучения имеет две компоненты. Первая вызывается механическими напряжениями из-за неоднородного нагрева и определяется по формуле [1]:

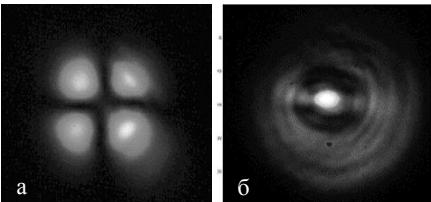
$$\gamma_P = \frac{A}{\pi^2} \left(\frac{\alpha Q L P_{las}}{\lambda \kappa} \right)^2; A = 0.137,$$

где Q – термооптическая постоянная, A – коэффициент, зависящий от профиля лазерного пучка (для гауссова пучка $A = 0,137$). Характерный вид этой компоненты деполяризации («мальтийский крест») представлен на рис. 1а.

Другая компонента термонаведенной деполяризации определяется зависимостью постоянной Верде от температуры, рассчитывается по формуле [1]:

$$\gamma_V = B \left(\frac{\alpha P_{las}}{\kappa T} \right)^2; B = 0.00104,$$

где B – численный коэффициент (для гауссова пучка $B = 0,00104$). Характерный вид этой компоненты деполяризации (кольцевая структура) представлен на рис. 1б.



а – характерный для возникающей из-за механических напряжений деполяризации «мальтийский крест»
б – характерная для возникающих из-за поперечной неоднородности угла поворота кольцевая структура

Рис 1. Характерная структура пучков

- измерение зависимости сопротивления медного термодатчика от температуры в рамках подготовки криогенной системы к эксперименту;
- измерение пространственного распределения продольной компоненты магнитного поля используемой магнитной системы;
- измерение зависимости оптической силы тепловой линзы от температуры;
- измерение зависимости от температуры компонент деполяризации в диапазоне температур 80 – 300 К (где наблюдается);
- вычисление температурной зависимости оптических характеристик кристалла тербий-галлиевого граната, расчет погрешности;
- анализ температурной зависимости постоянной Верде исследованных оптических сред.

Для измерения температуры оптической среды использовался датчик, сделанный из большого количества витков медной проволоки.

Известно, что электрическое сопротивление меди пропорционально значению температуры в исследуемом диапазоне 80 – 300 К. Поэтому при помощи всего двух измерений датчик был откалиброван.

Для исследования интересующих нас закономерностей использовалась уникальная магнитная система на сильных неодим-железо-борных магнитах, разработанная специально для КИФ с целью оптимального использования рабочего объема криостата. Прямые измерения напряженности продольной компоненты магнитного поля проводились при помощи тесламетра «Маяк – 5», измерительный щуп которого перемещался вдоль оси магнитной системы при помощи шагового двигателя, значения магнитного поля автоматически записывались с интервалом 0,5 мм. Распределение магнитного поля было измерено вблизи максимума поля магнитной системы (рис. 2).

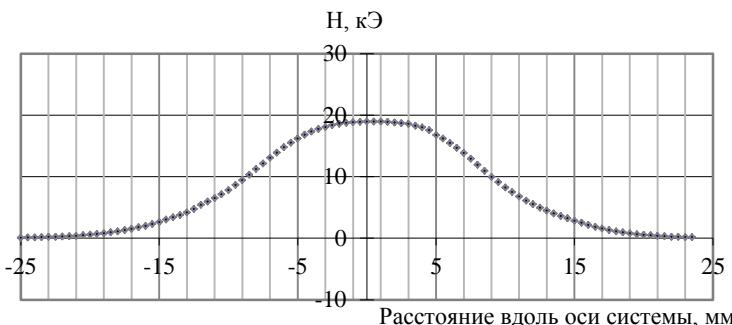


Рис. 2. Зависимость напряженности магнитного поля исследуемой системы

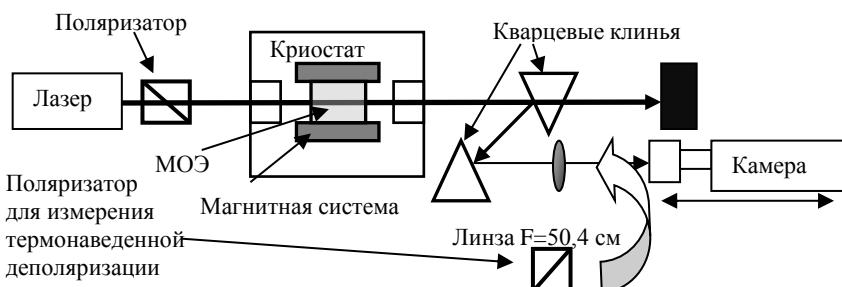


Рис. 3. Экспериментальная установка по измерению тепловой линзы

В экспериментах по измерению тепловой линзы использовался кристалл TGG длиной 3 мм и известным поглощением $\alpha = 1.3 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$. Экспериментальная установка представлена на рис. 3.

Фокальное расстояние тепловой линзы вычислялось по следующей формуле с использованием фокуса всей системы, измеренного при помощи перемещения камеры, и известного значения фокуса измерительной линзы:

$$F_T = \frac{F_{oo} F}{F_{oo} - F}.$$

Применимость формулы обусловлена тем, что фокусы тепловой и измерительной линз отличаются почти в 100 раз, расстояние между линзами много меньше фокуса тепловой линзы.

В процессе охлаждения тепловая линза уменьшилась в 3,2 раза, при 80 К длина фокуса составляла около 50 м.

Деполяризация излучения была измерена в схеме (рис. 3). Мощное излучение лазера проходило через полярифильтр, линейно поляризовывалось, далее через магнитооптический элемент, находящийся в оптическом криостате, помещенный в поле магнитной системы (или без нее), после чего ослаблялось в 800 раз посредством двукратного отражения от кварцевых клиньев (одно отражение – 3,5% от мощности падающего излучения), и, пройдя через полярифильтр, установленный в лимбовом столе, детектировалось камерой. Поворотом второго полярифильтра в лимбовом столе добивались минимума сигнала на камере, тем самым получая на камере пространственное распределение деполяризованной компоненты. Повернув лимб на 90 градусов, детектировали пучок. Каждый из кадров суммировался, деполяризация равна отношению полученных значений. При охлаждении деполяризация, связанная с напряжениями (измеренная в отсутствии магнитного поля), уменьшилась в 8 раз (рис. 4).

Рост постоянной Верде привел к тому, что при 80 К компоненты деполяризации стали соизмеримы, что позволило впервые вычислить коэффициент поглощения кристалла при 80 К: $\alpha(80K) = 2.6 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1}$.

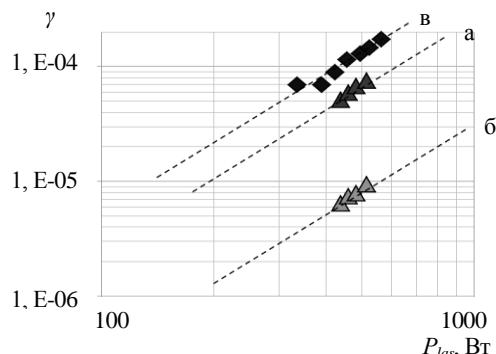


Рис. 4. Температурная зависимость термонаведенной деполяризации, вызванной механическими напряжениями

при 296 К (а), при 80 К (б) и γ_V (в)

98

Итоги работы

1. Впервые получены температурные зависимости термооптических характеристик (α , P, Q) кристалла TGG. Причем коэффициент поглощения при охлаждении до 80 К увеличивался в 2 раза, термооптические константы P и Q – уменьшились в 6,4 и 5,7 раз соответственно.

2. Разработан криогенный изолятор Фарадея, обеспечивающий (в случае компенсации компоненты γ_V) степень изоляции 50 дБ при мощности излучения 500 Вт и 30 дБ при мощности излучения до 5 кВт (комерческие аналоги – не более 1 кВт).

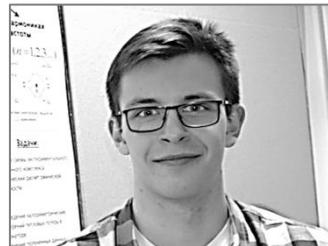
Литература

1. Zhelezov D.S., Starobor A.V., Palashov O.V., Khazanov E.A. Cryogenic Faraday isolator with the disk-shaped magnetooptical element. JOSA B, Vol. 29, 2012. P. 786 – 792.

Измерение добротности резонатора ТГц гиротрона

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

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



В работе экспериментально определяется практическое значение омической добротности резонатора ТГц гиротрона, приводится сравнение с теоретическими оценками. Для этого были произведены калориметрические измерения выходной мощности СВЧ-излучения гиротрона, а также мощности, выделяемой в стенках резонатора. Была введена поправка в теоретическую модель.

Ряд таких научно-технических задач, как диагностика плотной плазмы, спектроскопия высокого разрешения, атмосферный контроль, биологические и медицинские приложения и др., диктуют необходимость создания источников излучения ТГц диапазона частот с достаточно высокой выходной мощностью 0,1 – 1 кВт. Для получения в непрерывном режиме генерации мощностей на уровне десятков и сотен ватт на частотах выше 250 ГГц в настоящее время в основном используются гиротроны [1, 2], на несколько порядков превосходящие по мощности традиционные вакуумные лампы обратной волны и полупроводниковые источники, и имеющие стоимость, габариты и рабочие напряжения значительно ниже, чем у лазеров на свободных электронах.

В данной работе проводятся измерения тепловых потерь в резонаторе разработанного в ИПФ РАН гиротрона с частотой излучения 263 ГГц, с рабочей модой $TE_{5,3}$. Указанный прибор обеспечивает выходную мощность до 1 кВт в непрерывном режиме генерации.

Измерение тепловых потерь в резонаторе гиротрона чрезвычайно важно для изучения свойств материалов, из которых изготавливается резонатор, в терагерцовом диапазоне частот. В частности, при выборе рабочего режима маломощных терагерцовых гиротронов на этапе разработки и проектирования (особенно при проектировании приборов на гармониках гирочастоты) очень важным является правильная оценка омических потерь. Омическая добротность Q_{ohm} резонатора гиротрона для моды $TE_{m,p}$ обычно рассчитывается по следующей формуле:

$$Q_{ohm} = \frac{R_0}{\alpha \delta_{skin}} \left(1 - \frac{m^2}{V_{m,p}^2} \right), \quad (1)$$

где R_0 – радиус однородного участка резонатора, δ_{skin} – глубина скин-слоя, m – азимутальный индекс моды, $V_{m,p}$ – корень производной функции Бесселя, соответствующий выбранной моде, α – поправочный коэффициент, который при расчетах обычно принимается равным 2 и зависит в основном от шероховатости поверхности резонатора, которая определяется, в частности, качеством изготовления. Величина омических потерь, особенно в случае, когда их доля становится сравнима с выходной мощностью прибора, достаточно сильно влияет на выбор оптимальных параметров гиротрона. Поэтому представляется важным экспериментальное определение указанного коэффициента с целью уточнения теоретической модели.

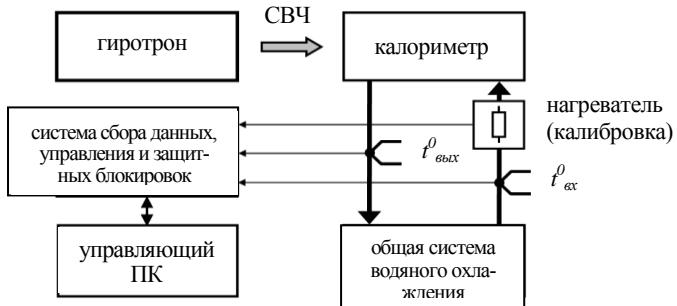


Рис. 1. Блок-схема калориметрических измерений мощности

Первым этапом было измерение выходной мощности P при различных значениях напряженности магнитного поля соленоида B и силы тока электронного пучка I (ускоряющее напряжение $U = 15$ кВ). Мощность измерялась с использованием калориметра, установленного непосредственно за выходным окном. Блок-схема измерений представлена на рисунке 1. В контуре водяного охлаждения калориметра были установлены два термодатчика, измеряющие температуру воды (на входе $t_{вх}^0$ и выходе $t_{вых}^0$), а также нагреватель, предназначенный для проведения автоматической процедуры калибровки. Далее по разности температур ($t_{вых}^0 - t_{вх}^0$) вычислялось значение мощности излучения P . Измерение мощности тепловых потерь $P_{потерь}$ в стенках резонатора было выполнено по аналогичной схеме (рис. 1), однако контур охлаждения калориметра был переключен на резонатор. На рисунке 2 показана зависимость выходной мощности излучения от мощности тепловых потерь.

Таблица 1. Результаты измерений мощности

$B, \text{ Т}$	$I, \text{ мА}$	$P_{\text{потерь}}, \text{ Вт}$	$P, \text{ Вт}$
9,63	200	90	284
9,63	250	135	415
9,63	300	165	540
9,63	350	195	631
9,63	400	218	713
9,62	400	255	845
9,61	400	268	942

Омическая добротность рассчитывалась исходя из соотношения $P_{\text{потерь}} = (Q_{\text{рад}}/Q_{\text{ом}})P$, где $Q_{\text{рад}}$ – радиационная добротность, которая определялась на этапе проектирования прибора с учетом реальных геометрических размеров резонатора. Измеренная мощность тепловых потерь составила примерно 30% от мощности выходного излучения. Расчетное значение омической добротности $Q_{\text{ом}}$, полученное с введением в формулу (1) эмпирического коэффициента $\alpha = 2$, составило около 8800, а значение, полученное в результате измерений – 12000. Таким образом, значение омической добротности в 1,36 раз больше, чем для идеальной меди.

Заключение

В работе произведено определение практического значения омической добротности резонатора ТГц гиротрона, сравнение результатов эксперимента с теоретическими оценками. Для определения добротности были произведены измерения мощности, выделяемой в стенах резонатора, и выходной мощности гиротрона путем калориметрических измерений. Была введена поправка в теоретическую модель.

Литература

1. Zaytsev N.I., Pankratova T.B., Petelin M.I., Flyagin V.A. // Radio. Eng. Electron Phys. 19, 95. 1974.
2. Nusinovich G.S. Introduction to the Physics of Gyrotrons. Baltimore, MD: Johns Hopkins Univ. Press, 2004.



Рис. 2. Зависимость мощности тепловых потерь в стенах резонатора от мощности излучения

$$\begin{array}{c}
 y \\
 S = \frac{a_1 + a_n}{2} n \\
 73 \\
 \sqrt{7} + \sqrt{10} \leq \\
 34 \\
 = \text{ }
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 x \\
 \infty \\
 \pm \\
 \leq \\
 37 \\
 \div \\
 x
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{c}
 + \\
 \text{Calculator icon} \\
 \pm \\
 \sqrt[2]{4} \\
 \leq \\
 \text{Two computer icons} \\
 + \\
 \sin x^2 \\
 \leq
 \end{array}$$

Прикладная информатика и математика

$$\begin{array}{c}
 8 \\
 \leftarrow \\
 \text{U-shape graph} \\
 \rightarrow \\
 y=42 \\
 \sin a^2 \\
 ? \\
 x \\
 \pm \\
 \text{Two computer icons} \\
 x=75 \\
 \cos x^3 \\
 \approx \\
 \infty \\
 \geq \\
 = \\
 \text{Calculator icon} \\
 \approx \\
 5 \\
 \times \\
 \% \\
 \approx \\
 \text{X-shape graph}
 \end{array}$$

Построения с ограничениями

Ловыгина Доминика Дмитриевна

10 класс, МБОУ лицей № 40

Научный руководитель С.Ю. Великанова,
преподаватель математики МБОУ лицей № 40



История геометрии связана с развитием теории геометрических построений. В данной работе рассмотрены возможности решения основных задач на построение (построение середины отрезка, удвоение отрезка, построение угла, равного данному, построение биссектрисы угла, построение серединного перпендикуляра к отрезку, построение центра окружности) с помощью только одного инструмента. В качестве такого инструмента могут выступать не только циркуль или линейка, но и другие инструменты, ежедневно присутствующие на парте любого ученика, например, угольник, транспортир (полукруг). Доказано, что некоторые задачи можно решить даже в тех случаях, когда некоторые точки фигуры нам недоступны.

В восьмом классе я изучала построение треугольника по трем элементам, в девятом – по трем точкам. В этом году я задумалась, традиционно на уроках геометрии для решения задач на построение мы используем циркуль и линейку, так обязательно ли использовать два инструмента или какие-то построения можно выполнить одним из них?

Традиционное ограничение орудий геометрических построений циркулем и линейкой восходит к глубокой древности. Знаменитая геометрия Евклида была основана на геометрических построениях, выполняемых циркулем и линейкой, которые рассматривались как равноправные инструменты. Однако было замечено, что циркуль является более точным инструментом по сравнению с линейкой, что некоторые построения можно выполнить одним циркулем без линейки. При резьбе на тонких металлических пластинках, разметке делительных кругов астрономических инструментов пользовались, как правило, только циркулем. Последнее, вероятно, и послужило толчком к исследованию геометрических построений, выполняемых лишь этим инструментом.

В 1797 году итальянский математик, профессор университета в Павии, Лоренцо Маскерони опубликовал работу «Геометрия циркуля», в которой было доказано следующее положение: «Все задачи на построение, разрешимые циркулем и линейкой, могут быть точно решены и одним только циркулем». Так как с помощью циркуля мы не

можем провести прямую линию, то одним из основных положений геометрии циркуля является следующее утверждение: «Прямая линия или отрезок определяется двумя точками, а не задается в виде непрерывной прямой линии». Раздел геометрии, изучающий геометрические построения одним циркулем, называют геометрией циркуля.

В 1833 году швейцарский геометр Якоб Штейнер опубликовал работу «Геометрические построения, производимые с помощью прямой линии и неподвижного круга», в которой исследовал построения только линейкой. Основной результат этой работы можно сформулировать в виде предложения: «Каждая задача на построение, разрешимая циркулем и линейкой, может быть решена и одной линейкой, если в плоскости чертежа дана постоянная окружность и ее центр».

В данной работе была рассмотрена возможность решения основных задач на построение (построение середины отрезка, удвоение отрезка, построение угла, равного данному, построение биссектрисы угла, построение серединного перпендикуляра к отрезку, построение центра окружности) с помощью одного инструмента, в качестве которого могут выступать не только циркуль или линейка, но и другие инструменты, например, угольник, транспортир (полукруг).

Мы убедились, что некоторые задачи можно решить не только с помощью одного инструмента, но и в тех случаях, когда некоторые точки фигуры нам недоступны. Например, построить биссектрису угла, если его вершина находится за пределами листа бумаги, или построить центр окружности, используя лишь дугу этой окружности.

В результате работы были разобраны не только нестандартные задачи и методы их решений, но и изучены некоторые теоремы, не освещавшиеся в школьном курсе геометрии. Например, для построения прямой, параллельной двум данным параллельным прямым, через данную точку, не лежащую на этих прямых, применяя только линейку, использовалась теорема Дезарга.

Одной из самых ценных сторон задач на построение является то, что они развивают поисковые навыки решения практических проблем, приобщают к посильным самостоятельным исследованиям, способствуют выработке конкретных геометрических представлений, а также способствуют более тщательной отработке умений и навыков.

Литература

1. Костовский А.Н. Геометрические построения одним циркулем. – М.: Наука, 1984. – 80 с.
2. Прасолов В.В. Задачи по планиметрии. Часть I, II. – М.: МЦНМО, 2006.
3. Штейнер Я. Геометрические построения, выполняемые с помощью прямой линии и неподвижного круга. – М., Учпедгиз, 1939. – 80 с.

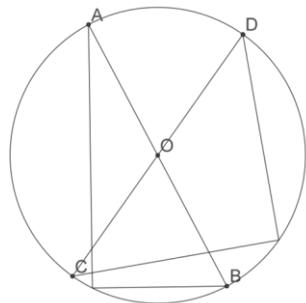


Рис. 1. Определить центр окружности с помощью чертежного угольника

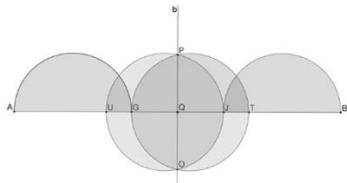


Рис. 3. Построение середины отрезка с помощью полукруга ($AB > d$)

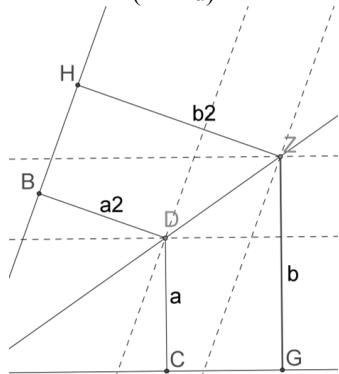


Рис. 5. Построение биссектрисы угла при недостижимой вершине с помощью двусторонней линейки без делений

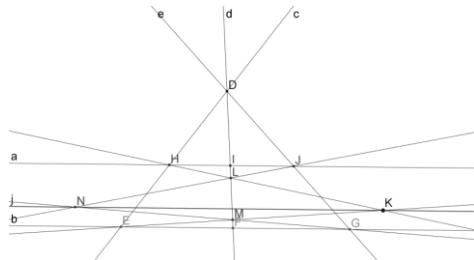


Рис. 2. Построение прямой, параллельной двум данным параллельным прямым, с помощью линейки

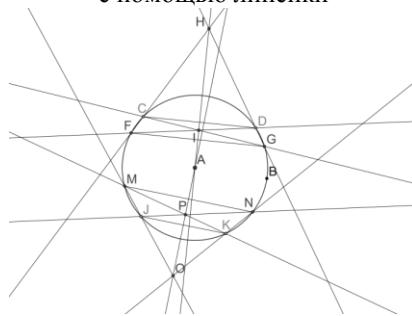


Рис. 4. Построение центра окружности с помощью двусторонней линейки, ширина которой меньше диаметра окружности

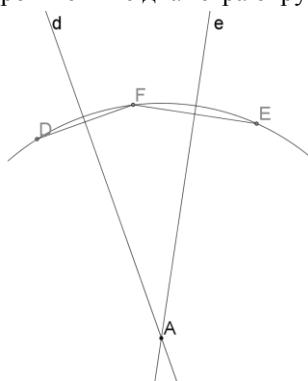


Рис. 6. Определение центра окружности данной дуги, нарисованной на кальке, без каких-либо инструментов

Создание компьютерной обучающейся программы для интерактивного взаимодействия с пользователем

Малахова Анастасия Сергеевна

10 класс, МБОУ СОШ № 58, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.А. Мухин,
преподаватель информатики ГБОУ СПО НПК им. К.Д. Ушинского



Рассмотрены механизмы построения базы знаний в объектно-ориентированной среде программирования. В результате работы реализована компьютерная обучающаяся программа, составляющая словосочетания и предложения на основе данных о словах различных частей речи.

Разработка программ, обеспечивающих интерактивное взаимодействие с пользователем в различных ситуациях – одно из главных направлений в области ИТ-технологий. Большинство компьютерных систем ограничены функционалом и могут выполнять лишь определенные действия, заложенные в них заранее. Для разработки программ, адаптирующихся к изменению внешних условий, необходимо использовать более сложные программные решения.

Цель работы – разработать компьютерную программу, позволяющую выстраивать диалоги с пользователем, опираясь на базу знаний о построении предложений в русском языке.

Для реализации проекта был использован метод построения базы знаний. Он предполагает разработку базы данных с набором правил построения словосочетаний и предложений, а также базы данных слов различных частей речи. Опираясь на них, программа самостоятельно выстраивает и запоминает грамматические конструкции. Таким образом, происходит ее самообучение.

На языках программирования построение базы знаний происходит с помощью логических условий и правил вывода, а построение базы данных, на которую опирается база знаний, достигается с помощью создания типизированных файлов, содержащих последовательности структур одного типа.

Первый этап разработки программы заключался в создании среды для заполнения базы данных со словами различных частей речи и информации о них. Среда включает в себя окно с полями для ввода слов, их частей речи, форм множественного числа, рода для суще-

ствительных, ситуаций, в которых эти слова используются, а также их лексическое значение. Слово и данные о нем считывались из полей формы в запись определенного типа. Затем данная запись помещалась на одну из строк соответствующего типизированного файла (один файл содержал данные об одной части речи). Далее были написаны процедуры для просмотра (вывод информации о слове из соответствующего файла, отображение количества слов определенной части речи), редактирования (изменение информации о слове, сортировка массива слов по алфавиту) и удаления записей.

Для возможности составления и просмотра словосочетаний на форме была создана вторая страница. Программа способна составлять словосочетания произвольно или по ключевым словам (тегам).

В первом варианте выбираются два случайных слова (образованных способом «прилагательное с существительным, глагол с деепричастием или глагол с наречием», в зависимости от выбранного переключателя), которые выводятся на экран функцией InputBox. После этого можно редактировать, отклонить или записать получившееся словосочетание. Подбор словосочетаний по ключевым словам осуществлялся посредством поиска одинаковых тегов (сituаций, в которых эти слова применяются) у двух выбранных слов. Если они найдены, словосочетание записывается в базу данных.

Для того, чтобы избежать повторного добавления одинаковых словосочетаний в базу, был использован принцип индексации. Он заключается в том, что двум словам под порядковыми номерами n , m присваивается индекс nm , например, для словосочетания, образованного из прилагательного под номером 3 в соответствующем файле и существительного под номером 7, присваивается индекс 37 (это значит, что в файле с индексами на 37 строку записывается символ 1).

Третья страница формы была создана для записи и просмотра предложений. Построение предложений происходит посредством выбора случайных словосочетаний из базы данных, которые выводятся на экран функцией InputBox. После этого можно редактировать, отклонить или записать получившееся предложение в соответствующий файл. Для построения предложений также применен принцип индексации и добавлена возможность просмотра базы.

Таким образом, были изучены подходы к построению базы данных и базы знаний на языках программирования, реализована компьютерная программа, способная составлять различные грамматические конструкции, а также выводить информацию о них пользователю.

лю. В дальнейшем планируется добавление возможности интерактивного общения разработанной программы с пользователем по принципу «вопрос – ответ». Разработанный алгоритм может применяться в различных терминалах и справочных системах, выдавая пользователю информацию на заданный вопрос.

Литература

1. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем // Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
2. Фисун А.П., Гращенко Л.А. Теоретические и практические основы человеко-компьютерного взаимодействия: базовые понятия человеко-компьютерных систем в информатике и информационной безопасности. – Деп. в ВИНИТИ 15.10.2004. № 1624. – Орел: Орловский государственный университет, 2004. – 169 с.

Подавление вычислительных ошибок на примере решения уравнения Шредингера

Малышев Артем Андреевич

9 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Р.И. Овсянников,
научный сотрудник ИПФ РАН,
кандидат физико-математических наук



Проведено исследование точности численных методов решения одномерного нестационарного уравнения Шредингера, соответствующего колебаниям двухатомной молекулы. Уравнение Шредингера решалось путем численного дифференцирования и численного интегрирования с использованием метода конечных разностей. Решение «в лоб» привело к нефизичному поведению волновой функции, которое было вызвано вычислительными ошибками. Модификация вычислительного алгоритма позволила подавить вычислительные шумы и получить физичное решение.

Молекулярная спектроскопия прошла исторический путь от Исаака Ньютона, занимавшегося разложением с помощью призмы белого света на отдельные компоненты различной цветности и преломляемости, до одного из наиболее высокоточных разделов современной физики. Современная спектроскопия является наиболее удобным инструментом для удаленного детектирования того или иного вещества, его физических условий. Современная физика (вернее, ее раздел «Квантовая механика» [1, 4]) дает ответ на вопросы, откуда берутся молекулярные спектры и как их рассчитывать. Для нахождения молекулярных спектров необходимо решить уравнение Шредингера. Одна из проблем современной спектроскопии заключается в том, что полноразмерные расчеты молекулярных спектров являются громоздкими и требовательными к вычислительным ресурсам. Поэтому приходится искать упрощенные модели, позволяющие при этом производить качественные расчеты. В данной работе проводилось лишь одномерное моделирование молекулярных состояний.

Цель работы – решить уравнение Шредингера модельной молекулы для нахождения ее спектра. За основу физической модели было взято нестационарное уравнение Шредингера:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(\vec{r}, t) \right] \Psi(\vec{r}, t),$$

где $\Psi(\vec{r}, t)$ – волновая функция в зависимости от положения в пространстве и момента времени, \hbar – постоянная Планка, $\partial/\partial t$ – оператор взятия производной по времени, \vec{r} – радиус-вектор точки в пространстве, Δ – оператор лапласа (взятие второй производной по пространству), $V(\vec{r}, t)$ – потенциал в зависимости от положения в пространстве и момента времени. Однако, как уже упоминалось, решение полноразмерного уравнения Шредингера является громоздким, поэтому актуальным было упрощение модели, сокращения ее до одномерного уравнения, моделирующего колебания двухатомной молекулы:

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi(x, t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta + V(x, t) \right] \Psi(x, t).$$

Для численного решения все функции, входящие в уравнение Шредингера были представлены в виде набора значений в выбранных точках пространства и временных моментах. Численное дифференцирование по пространству при вычислении действия оператора гамильтона (выражение в квадратных скобках) на волновую функцию заменялось на конечные разности. По аналогии, конечными разностями представлялось и численное интегрирование по времени.

Для непосредственных вычислений была написана программа на языке PASCAL [3]. Программа строит последовательные решения уравнения Шредингера в последовательные моменты времени методом итераций, а также строит наглядное изображение потенциала и волновой функции в режиме реального времени.

Пробные расчеты молекулярных состояний (без подавления вычислительных шумов) привели к очевидно нефизичному поведению волновой функции: увеличению частоты колебаний, смещению вероятности в области на краях отрезка (с большими значениями потенциала), неограниченному нарастанию энергии с течением времени, приводящему в конечном итоге к переполнению переменных вещественного типа и аварийному завершению программы.

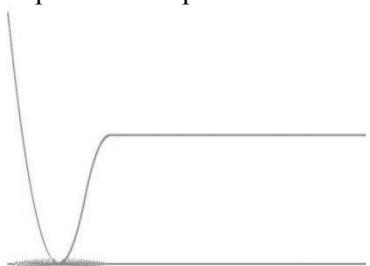


Рис. 1. Мгновенный снимок решения уравнения Шредингера расчетной программой без подавления высокочастотных колебаний

Паразитные высокочастотные колебания волновой функции представлены на рисунке 1. Верхняя кривая показывает зависимость потенциала от координаты (межядерного расстояния в молекуле), нижняя – зависимость действительной части волновой функции от той же координаты.

Наличие вычислительных шумов объясняется несовершенством модели и прежде всего численным дифференцированием и интегрированием. За счет ненулевых размеров шага дискретизации времени и пространства реально-гладкие пространственно-временные зависимости волновой функции заменялись на ступенчатые. Еще один источник ошибки кроется в конечности представления чисел в вычислительных системах. Например, при сложении величин существенно разных порядков меньшее число «округляется», и может быть потеряна вся его значимая часть.

Было выделено три вида нефизичного поведения волновой функции: высокочастотные колебания, скопление вероятности состояний на краях исследуемого отрезка, неограниченный рост волновой функции. Каждый эффект подавлялся отдельно. Высокочастотные колебания подавлялись путем усреднения волновой функции: $\Psi'_i = \frac{1}{4}\Psi_{i-1} + \frac{1}{2}\Psi_i + \frac{1}{4}\Psi_{i+1}$, где Ψ_i – волновая функция в точке с номером i до подавления высокочастотных колебаний, а Ψ'_i – волновая функция после подавления. Поскольку из аналитических решений уравнения Шредингера известно, что в областях пространства с высокой энергией волновая функция затухает, скопление вероятностей на краях отрезка подавлялось введением искусственного затухания волновой функции в проблемных областях итерационной схемой $\Psi''_i = \frac{\Psi''_{i-1}}{N}$, где N – коэффициент, определяющий скорость затухания, Ψ''_i – волновая функция в точке с номером i после подавления скопления вероятностей на краях отрезка, а $\Psi''_k = \Psi'_k$, где индекс k определяет границу области подавления скопления вероятностей. И, наконец, неограниченный рост волновой функции подавлялся ее нормировкой на каждой итерации решения общего уравнения Шредингера, поскольку из теории вероятностей [2] известно, что сумма вероятностей всевозможных исходов случайного события равна единице, а квадрат модуля волновой функции как раз выражает плотность вероятности обнаружить систему в том или ином состоянии [1, 4]. Таким образом, было получено физичное решение уравнения Шредингера для рассматриваемой системы (рис. 2).

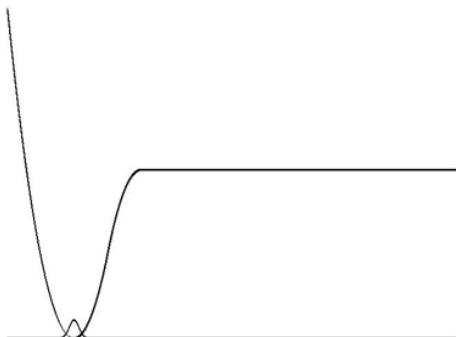


Рис. 2. Мгновенный снимок решения уравнения Шредингера расчетной программой с подавлением всех видов вычислительных шумов

использованием проведены расчеты изменения состояний модельной молекулы. Таким образом, показана возможность моделирования внутримолекулярных состояний. Одной из проблем исследования явилось наличие вычислительных шумов. В отличие от аналитического решения, компьютерное моделирование неизбежно сопровождается ошибками. Вычислительные шумы были объяснены, а их влияние на решение было подавлено благодаря оригинальным модификациям модели и соответствующей ей расчетной программы, в итоге в рамках пошаговой модели удалось качественно воспроизвести основное состояние модельной молекулы. Главным достоинством программы является отсутствие громоздких расчетов. В дальнейшем планируется продолжить изучение темы применения математического моделирования в «нестандартных» для программирования ситуациях.

Литература

1. Бал Д. Квантовая теория. – М.: Наука, 1965.
2. Синай Я.Г. Курс теории вероятностей. – М.: Изд-во МГУ, 1985.
3. Фаронов В.В. Turbo Pascal 7.0. Начальный курс. – Нолидж, 2000.
4. Фок В.А. Начала квантовой механики. – М.: Наука, 1976.

Верхняя кривая показывает зависимость потенциала от координаты (межядерного расстояния в молекуле), нижняя – зависимость действительной части волновой функции от той же координаты.

Заключение

Построена расчетная модель динамики состояния двухатомной молекулы, на ее основе на языке PASCAL [3] написана оригинальная расчетная программа. С ее

Оптимизация работы школы с применением линейного программирования

Призенцов Сергей Сергеевич

10 класс, МБОУ СОШ № 27 г. Дзержинска

Научный руководитель Н.А. Стригалаева,
преподаватель информатики МБОУ СОШ № 27
г. Дзержинска



Обоснована актуальность планирования деятельности образовательных учреждений (ОУ) и, на основании ресурсов ОУ, создана оптимальная модель учебного заведения МБОУ школы № 27 г. Дзержинска. Для решения поставленных задач линейного программирования применялся симплекс-метод и графический способ решения. Данная модель может быть использована при проектировании работы школы.

Условием успешной деятельности учебного заведения является обеспечение высокого уровня качества образовательных услуг, а также максимальная эффективность использования имеющихся ресурсов.

Цель работы – создать оптимальную модель образовательного учреждения на примере МБОУ школы № 27 г. Дзержинска Нижегородской области.

Для создания оптимальной модели ОУ необходимо решить две задачи: нахождение оптимального соотношения количества учителей и учеников, оптимального количества учителей разных категорий и их производительности.

Основными ресурсами деятельности ОУ являются объем финансирования и количество помещений, оборудованных для занятий.

Плановыми показателями будут: x – количество учащихся в школе и y – количество преподавателей. Выведем ограничения на количество учеников и учителей, исходя из количества кабинетов и максимальной нагрузки педагогов.

Так как, согласно лицензии в школе № 27 не может обучаться более 711 человек, то $x \leq 711$. Школа располагает двадцатью восемью кабинетами, но, с учетом того, что некоторые предметы преподаются одновременно в двух классах, школа может сформировать только 25 классов. Так как школе невыгодно иметь классы с численностью менее 25 человек, получаем другое ограничение: $x \geq 625$.

Рассмотрим, какой по численности педагогический состав может обеспечить учебный процесс в школе. Во-первых, количество педа-

голов должно быть больше или равно количеству классов в школе (считаем, что в классе обучается 25 человек), то есть $y \geq \frac{x}{25}$ или $y \geq 0,04x$. С другой стороны, педагогов должно быть столько, чтобы им была гарантирована нагрузка, равная 18 часам. Таким образом, получаем следующее ограничение: считая среднюю учебную нагрузку каждого класса равной 35 часам, получим учебную нагрузку школы равной $\frac{x}{25} * 35$ часов. Разделив данное выражение на 18 часов, мы получим ограничение на количество педагогов, то есть $y \leq \frac{x}{25} * \frac{35}{18}$ или $y \leq 0,07x$.

Рассчитаем объем средств, выделяемых данному образовательному учреждению по формуле: $\Phi = \Phi(\text{гс}) + \Phi(\text{б}) + \Phi(\text{к})$, где Φ – общие расходы образовательного учреждения, $\Phi(\text{гс})$ – объем расходов на реализацию образовательной программы в соответствии с государственным стандартом общего образования, $\Phi(\text{б})$ – объем расходов на образование, который определяется для каждого образовательного учреждения индивидуально, исходя из средних показателей с учетом индексов-дефляторов; $\Phi(\text{к})$ – коммунальные расходы, капитальный ремонт, приобретение оборудования, мебели. Приняв $\Phi(\text{б}) + \Phi(\text{к}) = 0$, получим $\Phi = \Phi(\text{гс})$. $\Phi(\text{гс})$ с поправочным коэффициентом, равным 1, при числе обучающихся в образовательном учреждении, равном x человек, с учетом среднего расчетного подушевого норматива, равного 37 850 рублей, по формуле $\Phi(\text{гс}) = N \times \Pi \times U$, где N – региональный расчетный подушевой норматив, U – число обучающихся в образовательном учреждении, Π – поправочный коэффициент, установленный для данного образовательного учреждения (значение поправочного коэффициента составляет 1,0 и более), будет равен $37\ 850 \times x$ рублей. Перейдем к формализации стратегической цели: нахождению максимума средств, расходуемых на нужды, необходимых для нормального функционирования школы (полагаем, что при этом все педагоги обеспечены заработной платой – в среднем за год 342000 рублей) – $F(x,y) = 37\ 850 \times x - 342000 \times y$.

Таким образом, решение первой задачи завершено:

$$\begin{cases} x \leq 711, \\ x \geq 625, \\ y \geq 0,04 \times x, \\ y \leq 0,07 \times x. \end{cases}$$

$$F(x,y) = 37\ 850 \times x - 342000 \times y.$$

Требуется найти такое неотрицательное решение, при котором функция F принимает максимальное значение. Решим задачу графическим способом.

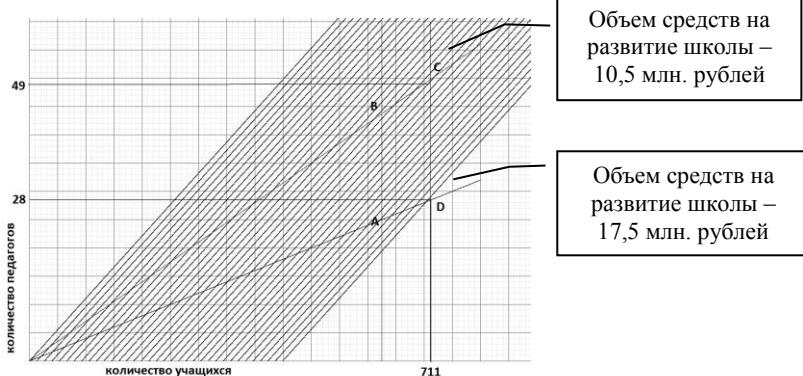


Рис. 1. Графическое решение задачи об оптимальном соотношении числа преподавателей и обучающихся в учебном заведении

Получается, что учебное заведение имеет максимум средств, расходуемых на различные нужды, с учетом обеспечения педагогов заработной платой, в размере 17,5 миллионов рублей, при этом в школе должно работать 28 педагогов и обучаться 711 человек.

На основе полученных результатов решим задачу оптимизации педагогического коллектива.

Плановыми показателями в задаче 2 являются:

X_1 – количество специалистов с педагогическим стажем от 2 до 5 лет;
 X_2 – количество специалистов с педагогическим стажем от 5 до 10 лет;
 X_3 – количество специалистов с педагогическим стажем больше 10 лет.

Так как в школе должно работать 28 педагогов, получим следующее математическое соотношение:

$$X_1 + X_2 + X_3 = 28.$$

Для вывода другого ограничения предположим, что оклад специалистов с педагогическим стажем от 2 до 5 лет равен 20 000 рублей, специалистов с педагогическим стажем от 5 до 10 лет – 30 000 рублей и специалистов с педагогическим стажем больше 10 лет – 35 000 рублей. Рассчитаем сумму, которая обеспечивает средний заработок педагогических работников не менее 28 500 рублей ($28\ 500 \cdot 28 \approx 800\ 000$ рублей). Получим ограничение:

$$4*X_1 + 6*X_2 + 7*X_3 = 160$$

Пусть специалисты с педагогическим стажем от 2 до 5 лет обучают на «4» и «5» 10 из 25 обучающихся, специалисты с педагогическим стажем от 5 до 10 лет – 15, специалисты с педагогическим стажем больше 10 лет – 20 человек, тогда количество обучающихся в школе, осваивающих программу на «удовлетворительно», равно:

$$711 - 10*X_1 - 15*X_2 - 20*X_3.$$

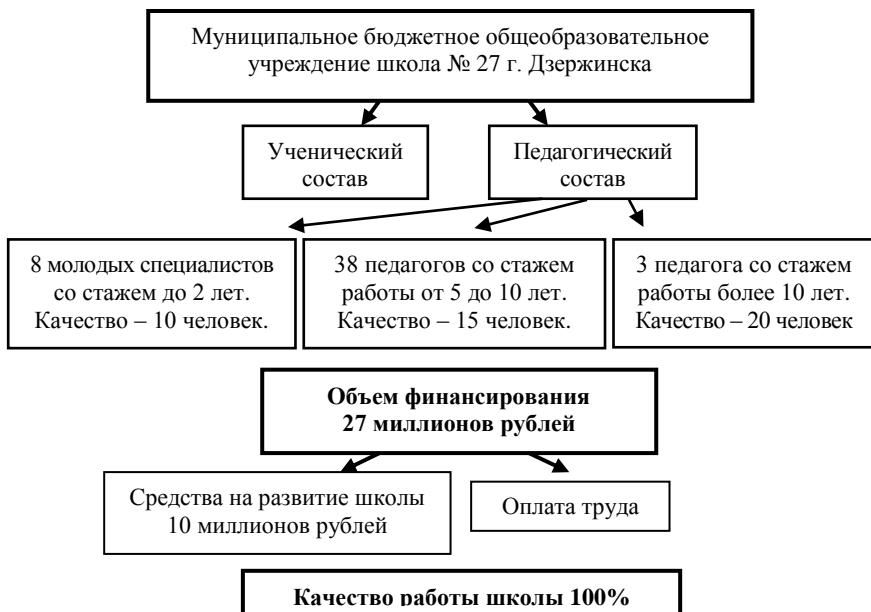
Таким образом, получим систему неравенств и целевую функцию:

$$\begin{cases} X_1 + X_2 + X_3 = 28, \\ 4X_1 + 6X_2 + 7X_3 = 160, \end{cases}$$

$$F(X_1, X_2, X_3) = 711 - 10*X_1 - 15*X_2 - 20*X_3.$$

После решения данной задачи симплекс-методом получается, что 28 педагогов не могут качественно обучить всех детей, поэтому изменим количество учителей в большую сторону.

Расчеты показали, что школа обеспечит высокое качество обучения при условии, что в педагогическом коллективе работают 8 молодых специалистов, 38 специалистов со средним стажем и 3 опытных педагога.



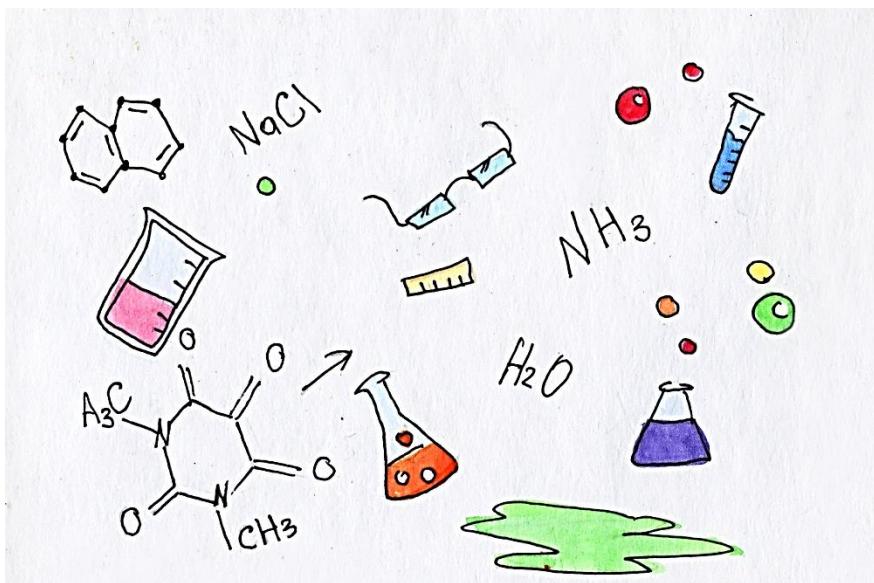
Таким образом, учет таких факторов, как получение максимального объема средств на развитие школы, и наличие такого коллектива, который бы обеспечил высокое качество обучения в школе, при-

вело к снижению значения максимального объема средств, которые остаются на обеспечение работы школы и ее развитие.

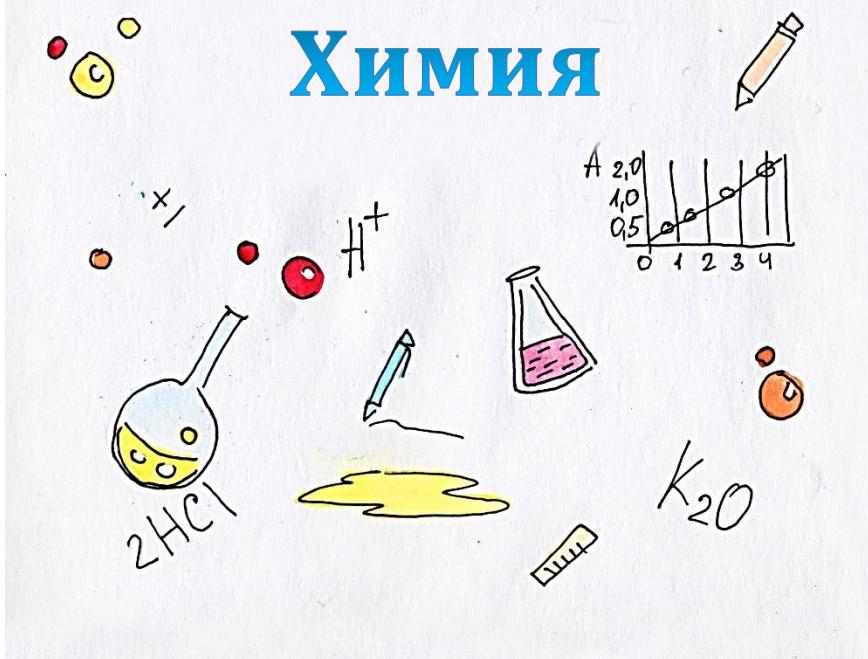
Учебное заведение может использовать данную модель для планирования распределения средств, выбирая между уровнем качества обучения детей в школе и объемом средств, которые пойдут на обеспечение работы школы и ее развитие.

Литература

1. Семакин И.Г., Хеннер Е.К. Информационные системы и модели. Электронный курс: Учебное пособие. Методическое пособие. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005.
2. Модельная методика введения нормативного подушевого финансирования реализации государственных гарантий прав граждан на получение общедоступного и бесплатного общего образования.
3. Симплекс-метод линейного программирования [Электронный ресурс]. <http://matmetod-popova.narod.ru/theme24.htm>.



Химия



Синтез органических производных сурьмы с салициловой и гидроксокоричной кислотой

Гиричева Марина Антоновна

9 класс, МБОУ лицей № 40, ШПОИ ИПФ РАН

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



Проведен синтез продукта дисалицилат трифенилсурьмы, изучено его строение. Для синтеза продукта использован метод, разработанный в лаборатории, отличный от описанного в литературе, в котором использовались дорогие соли серебра. Метод основан на реакции трифенилсурьмы с трет-бутилгидропероксидом и салициловой кислотой в диэтиловом эфире при комнатной температуре. В ходе проведенной работы синтезирован дисалицилат трифенилсурьмы с выходом 81% и $t_{\text{пл}} = 208^{\circ}\text{C}$. Установлено, что замена трет-бутилгидропероксида на более доступный пероксид водорода приводит к существенному уменьшению выхода продукта и его чистоты. Состав продукта подтвержден спектроскопией ядерного магнитного резонанса.

Дисалицилат трифенилсурьмы синтезирован одностадийным методом из трифенилсурьмы, трет-бутилгидропероксида и салициловой кислоты в диэтиловом эфире с выходом 81%. Состав продукта подтвержден спектроскопией ядерного магнитного резонанса.

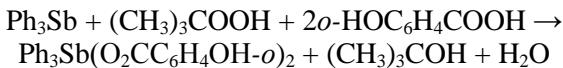
Дисалицилат трифенилсурьмы был получен ранее по реакции дихлорида трифенилсурьмы и серебряной соли салициловой (ортого-гидроксибензойной) кислоты и имеет структуру тригональной бипирамиды [1]. Интерес к этому соединению вызван зафиксированным методом рентгеноструктурного анализа необычным фактом, что оно может существовать одновременно в цис- и транс- формах, а также потенциальной возможностью при нагревании образовывать металло-посодержащий полимер.

Целью работы был синтез продукта трифенилсурьмы с салициловой кислотой и изучение его строения.

Для выполнения цели были поставлены следующие задачи: очистка исходных веществ и растворителей; проведение синтеза двумя методами; очистка полученных продуктов; определение выхода и температуры плавления полученных продуктов; изучение строения продукта.

Для синтеза дисалицилата трифенилсурьмы был использован метод, разработанный в лаборатории [2] и отличающийся от описанного

в литературе, в котором использовались дорогие соли серебра. Метод основан на реакции трифенилсульфида с трет-бутилгидропероксидом и салициловой кислотой в диэтиловом эфире при комнатной температуре в соответствии с уравнением:



К раствору 3,53 г (10 ммоль) Ph_3Sb в 5 мл эфира добавили раствор салициловой кислоты 2,76 г (20 ммоль) в 15 мл эфира, затем раствор выдерживали в холодильнике. Продукт отфильтровали, промывали 3 раза гексаном по 5 мл, сушили. Получили $m = 5,1$ г продукта. Выход составил 81% от теоретического, $t_{\text{пл}} 192^\circ\text{C}$.

Для очистки применяли метод перекристаллизации из смеси хлороформа и гексана (1:4 по объему). Процесс перекристаллизации показан на схеме (рис. 1).

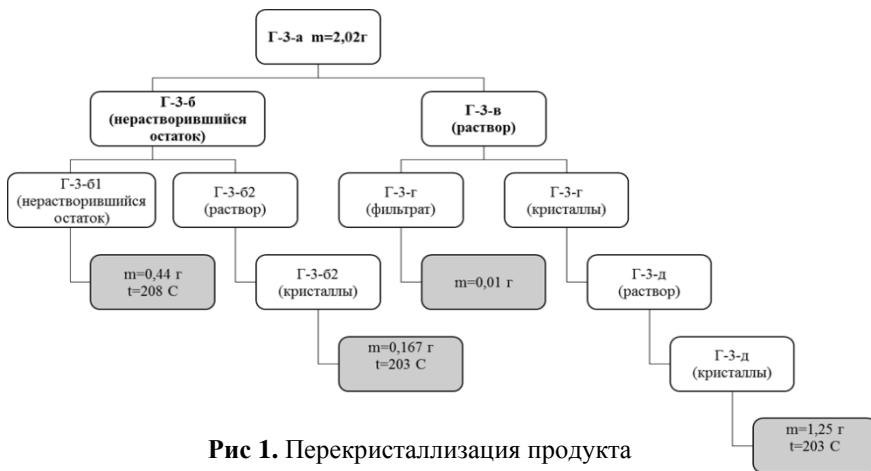


Рис 1. Перекристаллизация продукта

В следующем синтезе мы попытались усовершенствовать и упростить процесс, заменив дорогой $(\text{CH}_3)_3\text{COOH}$ на дешевый пероксид водорода, и провести процесс по уравнению:



С этой целью к раствору 1,77 г (5 ммоль) Ph_3Sb в 1 мл эфира добавили раствор салициловой кислоты 1,38 г (10 ммоль) в 5 мл эфира, затем добавили 0,4 г (5 ммоль) H_2O_2 , предварительно растворенного в 24 мл изопропилового спирта, поместили в холодильник. Выпали кристаллы $m = 0,01$ г с интервалом плавления $t = 140 - 170^\circ\text{C}$ и низким выходом.

В результате перекристаллизации удалось получить $m = 0,03$ г вещества с температурой плавления $t = 175^\circ\text{C}$.

По результатам тонкослойной хроматографии выяснили, что мы получили целевой продукт с примесью салициловой кислоты [3].



Рис. 2. ТСХ неперекристаллизованного вещества

1. Продукт (с примесью салициловой кислоты)
2. Продукт (с примесью салициловой кислоты)
3. Салициловая кислота



Рис. 3. ТСХ перекристаллизованного вещества

1. Перекристаллизованный продукт
2. Салициловая кислота
3. Трифенилсульфурьма

Следовательно, замена $(\text{CH}_3)_3\text{COOH}$ на пероксид водорода уменьшает выход продукта в несколько раз и снижает чистоту продукта.

При помощи ЯМР спектров [4] было подтверждено строение и состав синтезированного вещества. ЯМР спектр Г-3-д был сопоставлен со спектром, приведенным в работе [1]. Спектры оказались схожими, указывая на получение целевого продукта (дисалицилат трифенилсульфурьмы) в результате проведенного нами синтеза.

Таким образом, в ходе проведенной работы синтезирован дисалицилат трифенилсульфурьмы новым одностадийным методом из трифенилсульфурьмы, трет-бутилгидропероксида и салициловой кислоты в диэтиловом эфире с выходом 81%. Состав продукта подтвержден спектроскопией ядерного магнитного резонанса.

Литература

1. Barucki H., Coles S.J., Costello J.F., Gelbrish T., Hursthouse M.B. Characterising secondary bonding interactions within triaryl organoantimony(v) and organobismuth(v) complexes // J. Chem. Soc., Dalton Trans. 2000. P. 2319 – 2325.
2. Гущин А.В., Шашкин Д.В., Пряткова Л.К., Сомов Н.В., Баранов Е.В., Шавырин А.С., Рыкалин В.И. Синтез и строение диметакрилата трифенилсульфурьмы // Журн. общей химии. 2011. Т. 81. Вып. 3. С. 397 – 400.
3. Тонкослойная хроматография [электронный ресурс]. <http://dic.academic.ru>.
4. Федин Э.И. Ядерный Магнитный Резонанс [электронный ресурс]. <http://www.xumuk.ru>.

Фуллеренсодержащие полимеры винилового ряда: особенности синтеза и исследование физико-химических свойств

Ильичев Андрей Сергеевич

10 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель А.В. Маркин, профессор, и.о. заведующего кафедрой физической химии ННГУ, доктор химических наук



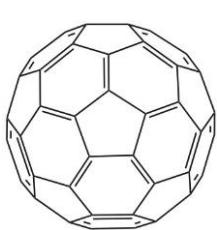
В работе исследуются термодинамические характеристики и физико-химические свойства полиаллилметакрилата и ковалентно-связанного фуллеренсодержащего полимера-аналога. Проведены исследования на современном оборудовании на базе химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, в частности, на отечественном адиабатическом вакуумном калориметре и дифференциальном сканирующем калориметре Netzsch DSC 204 F1 Phoenix. По полученным экспериментальным данным рассчитаны стандартные термодинамические функции полимеров в стеклообразном и высокоэластическом состояниях в области от $T \rightarrow 0$ до 350 К. Сопоставлены термодинамические свойства фуллеренсодержащего полиаллилметакрилата и полимера-аналога, не содержащего C_{60} .

Фуллерены занимают устойчивую позицию в современной науке. Неослабевающий рост исследований фуллеренов, а также их разнообразных функциональных производных, отражается в многочисленных публикациях и обусловлен уникальной структурой фуллеренов и широкими потенциальными областями их практического использования. Одним из наиболее новых и многообещающих классов функциональных производных фуллеренов являются фуллеренсодержащие полимеры (ФП). Они интересны тем, что способны сочетать свойства как исходного полимера, так и уникальность самого фуллерена. Особенно перспективными они являются для применения в медицине и биологии.

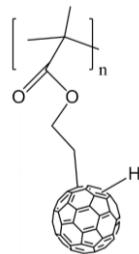
Установлено, что образующиеся ФП способны не только сохранять многие полезные свойства полимера, но и заметно их усиливать, что позволяет расширить области их практического применения.

Знание термодинамических аспектов в процессах получения ФП, выборе физико-химических условий их практического использования в полной мере осознано и играет немаловажную роль.

Настоящая работа посвящена калориметрическому изучению теплоемкости и термодинамических характеристик возможных физических превращений ПАМА и ПАМА- C_{60} . Задачи работы следующие: изучение изобарной теплоемкости двух полимеров (ПАМА, ПАМА- C_{60}) в области 6 – 400 К; выявление возможных физических превращений в указанной области температур, определение их термодинамических характеристик, расчет термодинамических функций в области от 0 до 350 К; установление влияния фуллерена C_{60} на свойства полимера. Исходный полимер аллилметакрилат (ПАМА) получали в Уфимском государственном институте органической химии методом радикальной полимеризации. С помощью ЯМР-спектроскопии было установлено, что присоединение фуллерена протекает по аллильной группе мономера. Исследованный образец ФП (ПАМА- C_{60}) синтезировали взаимодействием ПАМА с фуллеритом C_{60} , растворенном в орто-дихлорбензоле.



Бакминстерфуллерен



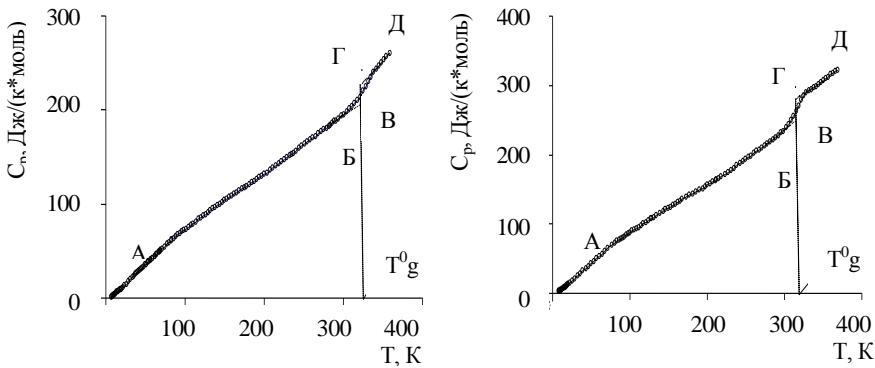
ПАМА- C_{60}

Рис. 1. Структурная формула

Макромолекулы фуллеренсодержащего образца представляли собой ковалентно-связанные с боковыми группами АМА, входящего в состав полимера, молекулы C_{60} . Отсутствие свободного фуллерена в ПАМА- C_{60} подтверждено методом УФ-спектроскопии и калориметрическими исследованиями. По полученным калориметрическим данным определили, что образцы ПАМА- C_{60} и ПАМА являются аморфными во всей изученной области температур.

На приведенных графиках (рис. 2) представлены экспериментальные точки теплоемкости и сглаженные кривые для полимера ПАМА, а также для фуллеренсодержащего полимера во всей изученной области. По графикам было определено, что в температурном интервале 294 – 348 К для ПАМА проявляется расстеклование, а для ПАМА- C_{60} этот

интервал равен 297 – 332 К. Из графиков видно, что в изученных образцах не проявляются физические превращения, характерные для исходного C_{60} . Учитывая значения термодинамических характеристик физических превращений и погрешность определения C_p , следует, что C_{60} в свободном виде в образце отсутствует.



а – теплоемкость ПАМА
б – теплоемкость ПАМА- C_{60}
АБ – стеклообразного, ГД – высокоэластического, ВГ – увеличение теплоемкости при расстекловании

Рис. 2. Теплоемкость ПАМА и ПАМА- C_{60}

Теплоемкость изученных образцов ПАМА и ПАМА- C_{60} в стеклообразном состоянии плавно увеличивается с ростом температуры. В температурном диапазоне от 6 до 350 К $C_p^o(\text{ПАМА}) < C_p^o(\text{ПАМА-}C_{60})$, что обусловлено влиянием фуллерена C_{60} на теплоемкость полимера. В таблице приведены термодинамические характеристики расстекловования и стеклообразного состояния для изученных образцов. T_g определяли по излому кривой методом Альфорда и Дола. Необходимо отметить, что при расчетах принимали найденное значение конфигурационной энтропии, находимое по уравнению 1, равным нулевой энтропии.

Таблица. Стандартные термодинамические характеристики расстеклования и стеклообразного состояния для изученных образцов ПАМА и ПАМА- C_{60}

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	294 – 348	323	20,3	5,17	5,17
ПАМА- C_{60}	297 – 332	316	31,5	8,02	8,02

Расстеклование изученных образцов происходит в близких температурных диапазонах, однако температуры расстеклования рассмотренных объектов различаются – T_g для ПАМА на 7 К выше, чем для ПАМА- C_{60} .

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

По полученным экспериментальным данным нами были рассчитаны стандартные термодинамические функции изученного ФП: $C_p^o(T)$, $[H^o(T) - H^o(0)]$, $[S^o(T) - S^o(0)]$ и $-[G^o(T) - H^o(0)]$. Теплоемкость от 6 К до 0 К определяли экстраполяцией кривых по предельному закону кубов Дебая (уравнение 2):

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

По результатам работы сделаны следующие выводы:

- 1) изучены температурные зависимости изобарной теплоемкости образцов фуллеренсодержащего полиаллилметакрилата и полиаллилметакрилата в интервале 6 – 400 К;
- 2) выявлено для изученных образцов расстеклование и определены термодинамические характеристики расстеклования и стеклообразного состояний;
- 3) рассчитаны по полученным экспериментальным данным стандартные термодинамические функции полимеров в стеклообразном и высокоэластическом состояниях в области от $T \rightarrow 0$ до 350 К;
- 4) сопоставлены термодинамические свойства фуллеренсодержащего полиаллилметакрилата и полимера-аналога, не содержащего C_{60} .

Литература

1. Бовина М.А., Беспалова Н.Б., Ходжаева В.Л., Ребров А.И., Семенов О.Б., Теплицкая Г.Л. // Высокомолек. соед. Сер. А. 1999. V. 41. P. 917 – 922.
2. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структуры углерода// Усп. физ. наук. 1995. Т. 165. № 9. С. 977 – 1009.
3. Изотов А.Д., Шебершнева О.В., Гавричев К.С. // Тр. Всерос. конф. по термическому анализу и калориметрии. – Казань. 1996. С. 200 – 2002.
4. Лебедев Б.В., Маркин А.В. Термодинамические свойства полифуллеритов С60 // 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., Юровская М.А., Борщевский А.Я., Трушков И.В., Иоффе И.Н. Фуллерены. – М.: Экзамен, 2004. – 688 с.

Исследование аспиринсодержащих лекарственных препаратов методом тонкослойной хроматографии

Колпакова Ксения Александровна

11 класс, МБОУ СОШ №37

Научный руководитель З.В. Цверова,
преподаватель химии МБОУ СОШ № 37,
кандидат химических наук



Методом ТСХ исследован состав аспиринсодержащих лекарственных препаратов. Показано, что препараты «Аспирин», «Аскофен», «Цитрамон», «Аспирин-кардио», «Упсарин-упса» и «Алька-прим» содержат ацетилсалциловую кислоту. Обнаружено, что в препаратах «Цитрамон» и «Аскофен» кроме аспирина содержится и парацетамол, в «Седальгин-плюс» аспирин отсутствует, а основным действующим компонентом является анальгин. Титриметрическим анализом определено содержание ацетилсалциловой кислоты в исследуемых препаратах.

В средствах массовой информации огромное количество материалов посвящено некачественной лекарственной продукции. Очень много подделок среди тех препаратов, которые пользуются большим спросом у населения – жаропонижающие средства и анальгетики, представителем которых является аспирин и его различные лекарственные формы. Для идентификации препаратов используют различные методы, одним из которых является метод тонкослойной хроматографии (ТСХ), простой и быстрый в исполнении и обладающий высокой чувствительностью. Целью работы является исследование состава аспиринсодержащих лекарственных средств с помощью метода ТСХ.

Методом ТСХ был проведен анализ состава и оценка подлинности следующих лекарственных средств: «Аспирин», «Аскофен», «Цитрамон», «Упсарин-Упса», «Алька-прим», «Аспирин-кардио», «Седальгин плюс». Для проведения анализа таблетку препарата растирали в ступке, растворяли в этаноле и жидкую часть использовали в качестве исследуемой пробы. Пробы наносили капилляром на стартовую линию хроматографической пластины. Далее пластинку опускали в хроматографическую камеру. После хроматографирования проявление хроматограмм проводили в камере с кристалликами йода [3].

На рисунке 1а представлены результаты исследований препаратов «Цитрамон», «Аскофен», «Аспирин-кардио». Как видно из рисунка, «Цитрамон», «Аскофен» и «Аспирин-кардио» содержат аце-

тилсалициловую кислоту, так как местоположение пятен соответствует уровню пятна свидетеля аспирина. Согласно составу, приведенному на упаковках, в составе «Цитрамона» и «Аскофена» должен содержаться еще и парацетамол, который мы пытались обнаружить, нанося парацетамол в качестве свидетеля (5). Как видно из рисунка, положение пятна свидетеля парацетамола соответствует уровню пятна свидетеля аспирина, поэтому нам не удалось разделить эти компоненты в данном растворителе. Для доказательства присутствия парацетамола в этих препаратах необходимо было подобрать другие элюенты, где подвижность аспирина и парацетамола резко отличаются. Таким элюентом оказался изопропиловый спирт. На рисунке 1б представлены хроматограммы в изопропиловом спирте, проявителем являлся йод. Как следует из приведенных хроматограмм, в этих препаратах кроме аспирина содержится и парацетамол, так как положение пятен соответствует уровню пятен свидетелей аспирина и парацетамола.

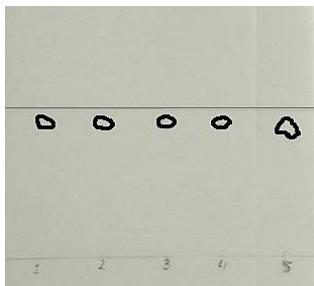
Кроме изопропилового спирта нами был подобран другой элюент – этилацетат, проявитель – 5%-ный раствор хлорида железа (III). На рисунке 1в представленной хроматограммы в элюенте этилацетат показано содержание парацетамола в препаратах «Цитрамон» и «Аскофен».

На рисунке 1г представлены хроматограммы препаратов «Упсарин-упса» (2), «Алька-прим» (3) и «Седальгин плюс» (4), который нам рекомендовали фармацевты в качестве аспиринсодержащего жаропонижающего средства. Как следует из хроматограмм, препараты «Упсарин-упса» и «Алька-прим» также содержат ацетилсалициловую кислоту, в то время как в препарате «Седальгин плюс» ацетилсалициловая кислота отсутствует, но на хроматограмме препарата «Седальгин плюс» появилось постороннее пятно. Исходя из состава, мы предположили, что данное пятно можно отнести к анальгину.

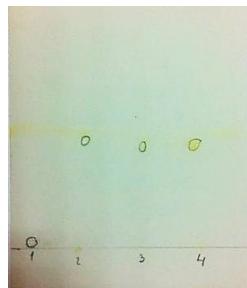
На рисунке 1д после хроматографирования отметили появление желтого пятна, характерного для анальгина. Таким образом, исследование препарата «Седальгин плюс», предложенного фармацевтами в качестве аспиринсодержащего препарата, показало отсутствие в нем аспирина и присутствие анальгина, что соответствует составу на упаковке.

Важно количественно определить содержание ацетилсалициловой кислоты в исследуемых ранее препаратах титрометрическим методом, который заключался в титровании растворов препаратов ацетилсалициловой кислоты 0,1 М раствором гидроксида натрия. Наибольшее количество ацетилсалициловой кислоты содержится в «Аспирине»

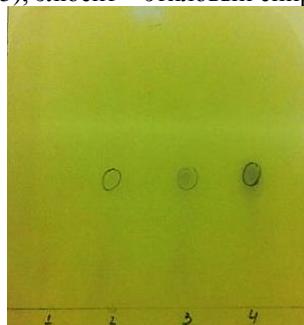
(100%), «Аспирине-кардио» (99%), «Аскофене» (90%) и меньше всего в – препаратах «Алька-прим» (36%) и «Упсарин-упса» (18%) [1].



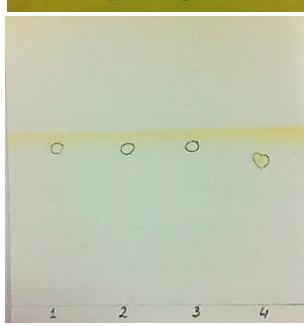
а – аспирин – свидетель (1),
цитрамон (2), аскофен (3), аспирин-
кардио (4), парацетамол – свидетель
(5), элюент – этиловый спирт



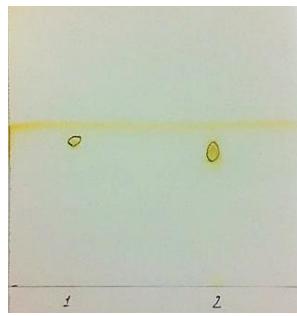
б – аспирин – свидетель (1),
цитрамон (2), аскофен (3),
парацетамол – свидетель (4),
элюент – изопропиловый спирт



в – аспирин – свидетель (1),
цитрамон (2), аскофен (3),
парацетамол – свидетель (4),
элюент – этилацетат



г – аспирин – свидетель (1), седаль-
гин плюс (2), упсарин-упса (2),
алька-прим (3), седальгин плюс (4),
элюент – этиловый спирт



д – анальгин – свидетель (1),
седальгин плюс (2),
элюент – этиловый спирт

Рис. 1. Хроматограммы

Таблица 1. Результаты титрования

№	Лекарственный препарат	Объем NaOH при титровании, мл	Содержание ацетилсалициловой кислоты, %
1.	Аспирин	2,8	100
2.	Цитрамон	1,8	64,8
3.	Аскофен	2,5	90
4.	Аспирин-кардио	2,7	99
5.	Алька-прим	1	36
6.	Упсарин - упса	0,5	18

Представляло интерес рассчитать стоимость ацетилсалициловой кислоты за 100 мг в каждом исследуемом препарате. Расчеты показали, что самым дешевым является ацетилсалициловая кислота, купленная в виде препарата «Аспирин» и «Цитрамон» (соответственно 0,4 руб. и 1,92 руб. за 100 мг), средняя стоимость ацетилсалициловой кислоты – в препарате «Аскофен» (24,3 руб. за 100 мг), наиболее дорогостоящим является препарат «Алька-прим» (147 руб. за 100 мг) [2].

В результате проведенного исследования установлено, что препараты «Аспирин», «Аскофен», «Цитрамон», «Аспирин-кардио», «Упсарин-упса» и «Алька-прим» содержат ацетилсалициловую кислоту. Это соответствует приведенному на упаковке составу препарата. Обнаружено, что в препаратах «Цитрамон» и «Аскофен» кроме аспирина содержится и парацетамол, в препарате «Седальгин-плюс» аспирин отсутствует, а основным действующим компонентом является анальгин. Титrimетрический анализ показал, что наибольшее количество ацетилсалициловой кислоты содержится в «Аспирине» (100%), «Аспирине-кардио» (99%), и «Аскофене» (90%) и меньше всего его содержится в препаратах «Алька-прим» (36%) и «Упсарин-упса» (18%).

Литература

1. Куприянова Н.С. Лабораторно-практические работы по химии. – М.: Владос, 2007. – 174 с.
2. Рудакова Л.В., Россихина Е.Ю., Рудаков О.Б., Хорохордина Е.А., Чан Хай Данг. Усовершенствование экстракционно-инструментальных методик определения парацетамола с применением ВЭЖХ, ТСХ, фотоколориметрии и цифровой цветометрии // Сорбционные и хроматографические процессы. 2013. Т. 13. Вып. 4. С. 482 – 491. [Электронный ресурс] http://www.chem.vsu.ru/sorbcr/images/pdf/2013/4/2013_04_09.pdf.
3. Филиппов А.И., Бахтеева Е.И., Меньшиков В.В. Распознавание лекарственных препаратов с помощью тонкослойной хроматографии // Химия в школе. 2009, № 4. С. 64 – 67.

Определение органических веществ в снеге

Романова Анастасия Николаевна

10 класс, МБОУ СОШ № 128, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель П.В. Мосягин,
научный сотрудник ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
кандидат химических наук



Разработана методика определения органических веществ в снеге. Для концентрирования примесей из талой воды использована жидкокфазная микропрекстракция. Достигнут коэффициент концентрирования при микропрекстракции по сумме органических веществ, равный 35. Разработанная методика апробирована при анализе реальных образцов снега, отобранных в различных частях Нижнего Новгорода. Установлено, что основной вклад в загрязненность снега органическими веществами вносит автотранспорт.

Оценка загрязненности воздуха и поступления токсикантов из атмосферы в почву и объекты гидросферы является серьезной экологической задачей. Возможным решением данной проблемы может стать использование снега в качестве показателя общей загрязненности атмосферы, ее влияния на загрязненность почвы и водоемов. При образовании снежного покрова концентрация загрязняющих веществ в снеге оказывается на 2 – 3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Снежный покров накапливает в своем составе практически все вещества, поступающие в атмосферу. В связи с этим он обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения не только атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения почвы и воды [1, 2].

Целью работы являлось исследование загрязненности снежного покрова органическими веществами.

Для анализа снега использовался метод жидкокфазной экстракции, который заключается в извлечении примесей растворителем (экстрагентом) из воды, получаемой плавлением образца снега. Экстрагент не должен растворяться в воде, но при этом определяемые компоненты (аналиты) должны в нем лучше растворяться, чем в воде. Такой подход не позволяет концентрировать примеси из воды, что отрицательно влияет на чувствительность анализа. Поэтому для увеличения чувствительности определения органических веществ в снеге нами разработана методика концентрирования примесей. Для

концентрирования примесей из талой воды использован метод жидкостной микроподготовки, который заключается в использовании микроколичеств растворителя при извлечении примесей из воды. При этом, согласно уравнению 1, при уменьшении объема растворителя V_o по сравнению с объемом анализируемого раствора V_b увеличивается коэффициент концентрирования K примесей из водной фазы в фазу растворителя [1]:

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{D} + \frac{V_o}{V_b}, \quad (1)$$

где D – коэффициент распределения примесей между органической и водной фазами.

Микроподготовка проводилась следующим образом. Пластиковая емкость плотно наполнялась анализируемым снегом, закупоривалась пробкой (рис. 1). Проводилось плавление снега при комнатной температуре.

Затем пластиковая емкость погружалась в ультразвуковую ванну. В емкость вводился растворитель (четыреххлористый углерод) с помощью микрошприца при одновременном воздействии ультразвуком (рис. 2). Объем емкости составлял 1,5 мл, объем вводимого растворителя – 30 мкл. Благодаря воздействию ультразвука объем вводимого растворителя дробился на множество мельчайших капель, образовывая эмульсию экстрагента в талой воде (рис. 3). При этом органические вещества, содержащиеся в воде, переходили в микрокапли растворителя. Затем эмульсию разрушали с помощью центрифугирования. После центрифугирования растворитель собирался в нижней части емкости (рис. 4). Собравшийся экстракт отбирали микрошприцем и вводили в аналитический прибор (рис. 5). Анализ экстракта проводили методом газовой хроматографии с пламенно-ионизационным и масс-спектрометрическим детектированием.

На рисунке 6 представлено сравнение результатов анализа одного и того же образца снега. В верхней части рисунка представлена хроматограмма снега после микроподготовки, внизу – после обычной экстракции (при соотношении объемов фаз экстрагента и воды 1:1). Как видно, микроподготовка позволила проводить более чувствительный анализ. Суммарный сигнал от всех органических примесей в случае обычной микроподготовки составлял 180 машинных единиц, а при микроподготовке – 6300 машинных единиц. Таким образом, разработанная ме-

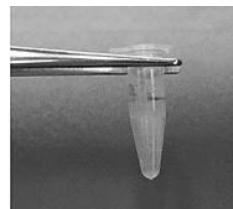


Рис. 1. Образец талой воды перед экстракцией

тодика позволяет сконцентрировать примеси в 35 раз, что значительно увеличивает чувствительность и предельные возможности анализа.



Рис. 2. Введение экстракта в анализируемую воду под действием ультразвука

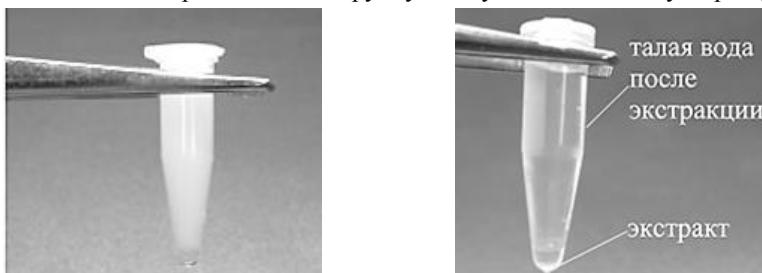


Рис. 3. Эмульсия экстрагента
в талой воде



Рис. 4. Экстракт после
центрифугирования



Рис. 5. Приборы для проведения анализа. Хромато-масс-спектрометр DSQ II Focus (слева) и газовый хроматограф ГХ-1000 (справа)

Разработанная методика использована при анализе образцов снега, отобранных в различных местах Нижнего Новгорода в январе-

феврале 2015 года. Результаты количественной обработки полученных хроматограмм представлены на рисунке 7.

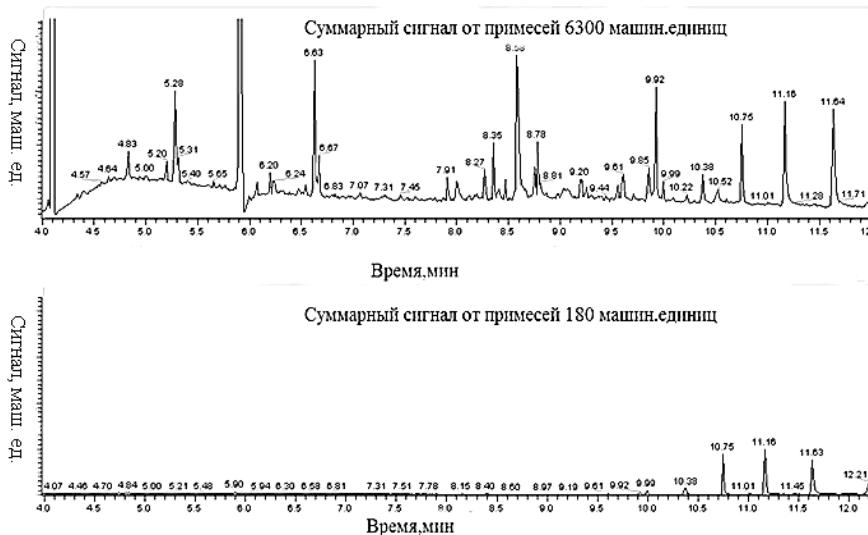


Рис. 6. Сравнение возможностей анализа образцов снега обычной экстракцией (нижняя хроматограмма) и микроэкстракцией (верхняя хроматограмма)

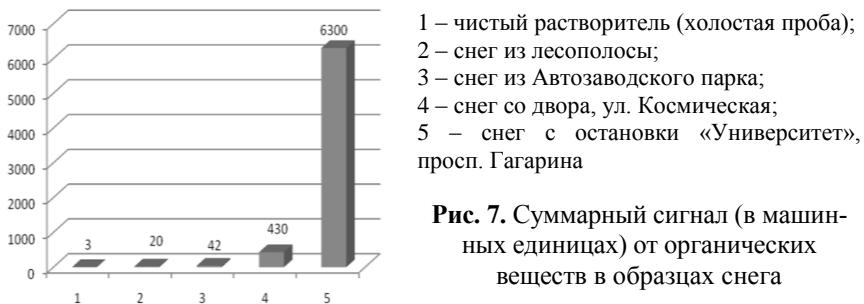


Рис. 7. Суммарный сигнал (в машинных единицах) от органических веществ в образцах снега

Как видно из гистограммы, величины сигнала, полученные при анализе реальных образцов снега, значительно превосходят сигнал «холостого» опыта (результат анализа чистого растворителя). Данный факт свидетельствует о незначимости систематической погрешности, обусловленной примесным составом экстрагента. Хорошо прослеживается тенденция увеличения загрязненности образцов снега в следующем ряду: лесополоса – парк – двор – проспект. Таким

образом, можно сделать вывод, что основной вклад в загрязнение снежного покрова органическими веществами вносит автотранспорт.

Выводы

Разработана методика эффективной пробоподготовки образцов снега, основанная на использовании жидкостной микроэкстракции с последующим газохроматографическим анализом экстракта. Определен коэффициент концентрирования органических примесей, равный 35. Разработанная методика прошла апробацию на реальных образцах снега и может быть использована для экологического мониторинга.

Литература

1. Крылов В.А., Крылов А.В., Мосягин П.В. Жидкофазное микроэкстракционное концентрирование примесей // Журнал аналитической химии. 2011. Т. 66. № 4. С. 341 – 360.
2. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколо-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. – М.: БИНОМ, 2004. – 323 с.

Спектрофотометрическое изучение влияния условий заваривания чая на содержание кофеина в напитке

Сорокин Петр Андреевич

10 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 проводится спектрофотометрическое определение кофеина в жидких пробах чайных настоев. Исследования проведены на современном оборудовании на базе химического факультета ННГУ им. Н.И. Лобачевского, в частности, на спектрофотометре Shimadzu UVmini-1240.

Кофеин – 1,3,7- trimetilksantin, алкалоид пуринового ряда. Бесцветные горькие кристаллы, плохо растворяемые в воде. Кофеин находит широкое применение, что связано с его стимулирующим действием. Как естественный компонент растительного сырья, он содержится в кофе, чае и матэ. Современные популярные, а также специальные «энергетические напитки» также содержат кофеин. Помимо этого, кофеин широко используется в медицине с целью стимуляции сердечной деятельности и ЦНС, устранения сонливости и повышения работоспособности, обладает мочегонным действием, входит в состав комплексных средств для лечения головной боли. При больших дозах кофеин обладает токсическим действием. Его летальная доза составляет 150 – 200 мг/кг массы тела (что примерно соответствует 100 чашкам крепкого черного кофе, выпитым в течение непродолжительного времени).

Каждый человек заваривает чай так, как считает наилучшим. На упаковке чая обычно приведены рекомендации производителя, в которых, как правило, указываются температура и время заваривания. Однако никакого обоснования данным рекомендациям производитель не дает, и в литературе они также не встречаются.

Известно, что одни люди пьют чай, наслаждаясь вкусом и поддерживаю беседу, а другие – для бодрящего эффекта и, конечно,

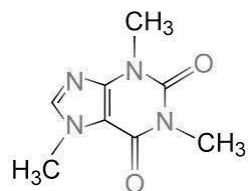


Рис. 1. 1,3,7-
триметилксантин

условия заваривания при этом должны различаться. Настоящий чай горчит, что не слишком хорошо сказывается на вкусе. Однако, как время заваривания влияет на извлечение кофеина в чайный настой, точно не известно. Также неизвестно, уменьшается ли содержание кофеина в чае при его настаивании, и как температура воды влияет на содержание алкалоида. Поэтому цель работы состояла в исследовании влияния условий заваривания и хранения чайного настоя на содержание кофеина в нем.

Объектами анализа выступили настои листьев черного и зеленого чаев, а также таблетки кофеин-бензоата натрия.

В работе решались следующие задачи: построение градуировочного графика для спектрофотометрического определения кофеина; приготовление различных чайных настоев; снятие спектров поглощения чайных настоев, выбор длины волны для определения, а также формулировка методики анализа; мониторинг содержания кофеина в чайных настоях в зависимости от условий заваривания, времени и условий выдерживания после заваривания, систематизация и обработка полученных данных; подготовка рекомендаций для потребителей с точки зрения оптимизации бодрящего эффекта чая.

Для оценки и сравнения содержания кофеина в образцах была разработана спектрофотометрическая методика его определения, основанная на характерном поглощении ультрафиолетового излучения растворами алкалоида. Исходным веществом для приготовления градуировочных растворов послужили таблетки кофеин-бензоата натрия с паспортным содержанием кофеина 40%. На первом этапе выделили чистый кофеин из таблеток, в которых он находился в форме смеси с бензоатом натрия и вспомогательными веществами. Таблетки растерпели в ступке, растворили в горячей дистиллированной воде. Полученный горячий раствор отфильтровали, охладили, при этом кофеин выпал в осадок. Его отфильтровали и высушили на стекле при комнатной температуре. Затем приготовили стандартный раствор кофеина по навеске вещества, взятой на аналитических весах. Из этого первично-го стандартного раствора разбавлением дистиллированной водой приготовили стандартную серию растворов кофеина.

Оптическую плотность растворов измеряли на спектрофотометре Shimadzu UVmini. Спектр поглощения раствора, содержащего 4 мг/мл кофеина (рис. 2). На спектре видна интенсивная узкая полоса при длине волны максимального поглощения 271 нм, что соответствует приведенной в литературе длине волны для кофеина.

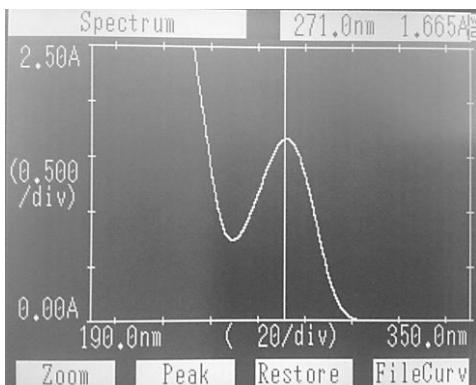


Рис 2. Спектр поглощения раствора кофеина (4 г/л, Shimadzu UVmini-1240, $l = 1$ см)

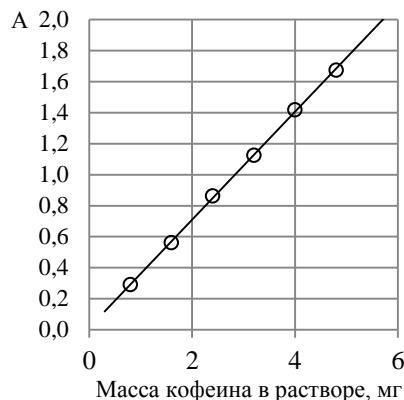


Рис. 3. Градуировочный график для определения кофеина в растворах (Shimadzu UVmini-1240, $l = 1$ см, 272 нм)

Полученные результаты использовали для построения градуировочного графика (рис. 3), отражающего линейную зависимость оптической плотности при выбранной длине волны от массы содержащегося в растворах кофеина.

Для дальнейших исследований во френч-прессе готовили чайные настои черного (Greenfield Golden Ceylon) и зеленого (Carrefour Tè verde) чаев. Френч-пресс был выбран за ряд весомых преимуществ: он служил теплоизолятором, минимизировал влияние атмосферы на завариваемый чай и позволял эффективно перемешивать заварку. 0,5 литра свежевскипяченной воды остужали во френч-прессе до необходимой температуры, контролируя ее с помощью термометра. Затем добавляли 2 грамма чайных листьев и, периодически перемешивая, заваривали их в определенный промежуток времени. Полученные образцы использовались в дальнейших исследованиях.

Для установления зависимости содержания кофеина в чае от времени его заваривания готовили серию чайных настоев, приготовленных при одинаковой температуре, но контактирующих с заваркой разное количество времени. Из полученных образцов отбирали порцию настоя, разбавляли ее дистilledированной водой и снимали спектры поглощения, по которым затем рассчитывали значение оптической плотности, создаваемое кофеином. По полученным данным построили график зависимости (рис. 4).

На графиках видно, что количество кофеина в чае в процессе заваривания увеличивается, и чай, заваривавшийся в течение 15 минут, обладает большим содержанием этого алкалоида по сравнению с общепринятыми 2 – 3 минутами, однако темпы его выделения из чайных листьев сокращаются со временем. Близкие к максимальным значения достигаются примерно через 10 минут после заваривания.

Зависимость содержания кофеина в чае от времени настаивания настоя получили в аналогичных условиях, обеспечив после заваривания доступ воздуха к полученному раствору. Пробы на анализ отбирали через равные промежутки времени.

Исследование показало, что в течение получаса содержание кофеина в чайных настоях практически не уменьшается.

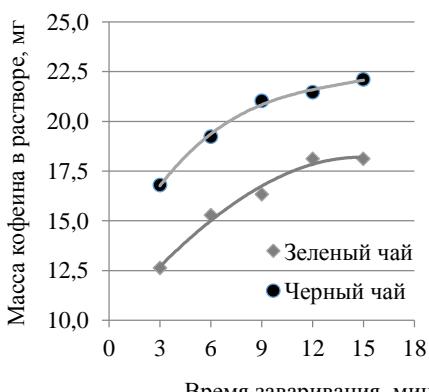


Рис. 4. Зависимость содержания кофеина в 2 мл чайного настоя от времени заваривания

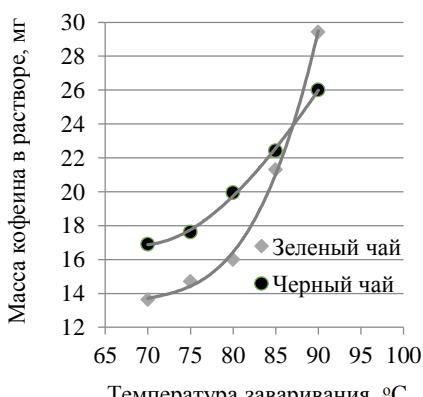


Рис. 5. Зависимость содержания кофеина в 2 мл чайного настоя от температуры заваривания

Кроме этого, изучили влияние температуры воды на содержание кофеина в чайном настояе. По полученным результатам (рис. 5) мы наблюдали, что температура является важнейшим фактором, определяющим эффективность выделения кофеина в раствор. Видимо, это объясняется свойством кофеина плохо растворяться в холодной и хорошо – в горячей воде.

В ходе работы было установлено, что общепринятые условия заваривания чая не являются оптимальными с точки зрения содержания кофеина в настояе. Для усиления тонизирующих свойств напитка заваривать чай необходимо горячей водой при температуре

около 90°С в течение примерно 10 минут. Кроме того, тонизирующие свойства не уменьшатся, если настой некоторое время будет стоять без использования.

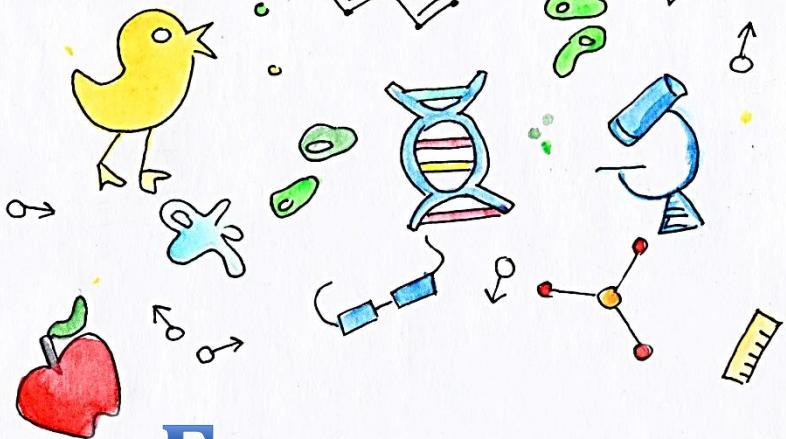
Выводы:

- 1) выделен чистый кофеин из таблеток кофеин-бензоата натрия;
- 2) приготовлен стандартный раствор кофеина с содержанием 4 мг/мл;
- 3) выбрана длина волны и предложена спектрофотометрическая методика определения кофеина в растворах;
- 4) сняты спектры поглощения у приготовленных растворов;
- 5) проведено исследование содержания кофеина в чайных настоях в зависимости от условий, времени заваривания и условий выдерживания после заваривания, полученные данные были систематизированы и обработаны.

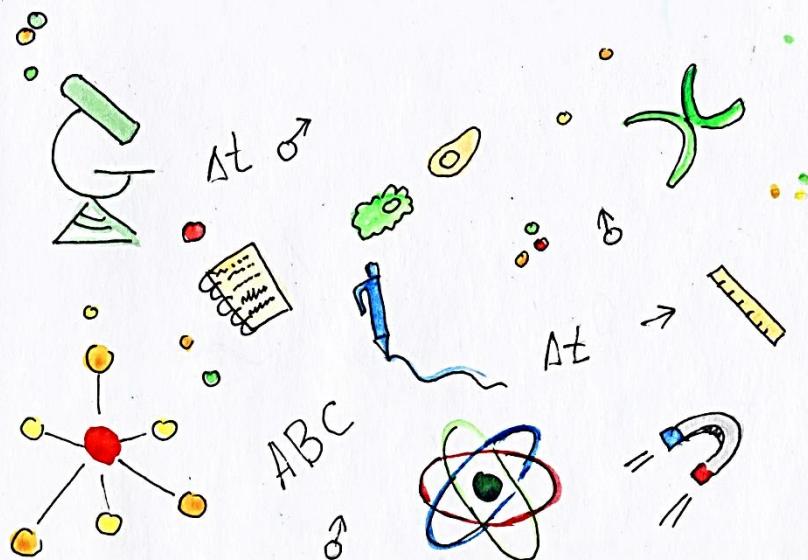
Литература

1. *Беликов В.Г.* Фармацевтическая химия. В 2 ч. Учебное пособие. – М.: Пресс-информ, 2007. – 624с.
2. *Власова И.В., Лисиенко О.В.* Определение кофеина в лекарственных препаратах. – Омск, Вестник Омского университета, 2002. № 3. С. 36 – 38.
3. *Машковский М.Д.* Лекарственные средства.– М.: Новая Волна, 2005. – С. 121. – 1200 с.
4. *Мелентьева Г.А.* Фармацевтическая химия. Т. II. – М.: Медицина, 1976.
5. *Никитин В.А.* Спектрофотометр // Физическая энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. – М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. – Т. 4. – 704 с. – С. 626.
6. *Харкевич Д.А.* Фармакология: Учебник. – М.: ГЭОТАР-Медицина, 2006. – 736 с. – С. 256.

$$E=mc^2$$



Биология



Клеточная гибель в культуре карциномы кишечника мыши

Баскаков Егор Юрьевич

8 класс, МБОУ лицей № 40, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.О. Антонова,
аспирант кафедры биохимии и физиологии
растений ННГУ им. Н.И. Лобачевского



Исследован уровень апоптоза и некроза в клеточной культуре карциномы кишечника мыши CT26.WT под действием различных концентраций генотоксического вещества (актиномицина D). Исследование проводилось с использованием метода проточной цитофлуориметрии с применением флуоресцентных химических красителей: фикоэритрина, конъюгированного с Аннексином-V (маркер апоптоза) и 7-AAD (проникающего в клетку при некротическом разрыве мембранны). Показано, что при обычном культивировании апоптотическая гибель в культуре составляет 9%, а некротическая – 14%. При воздействии актиномицином D в низких концентрациях (до 5 нМ) уровень апоптоза увеличивается до 54%, тогда как при больших концентрациях уровень апоптоза снижается на фоне увеличения процента некротических клеток.

Изучение клеточной гибели – некроза и апоптоза, умение корректировать механизмы апоптоза в клетках являются одними из актуальных задач современной биологической и медицинской науки, особенно в свете борьбы с раковыми заболеваниями, инсультами, инфарктами, дегенеративными болезнями нервной системы [1, 2]. 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 этой клеточной линии. Например, это могут быть эксперименты, связанные с поиском веществ, запускающих в клетке апоптоз.

В связи с этим целью работы было исследование клеточной гибели в культуре CT26.WT в норме и при действии различных доз цитотоксического агента. Были сформулированы следующие задачи: изучить теоретические основы понятия «клеточная смерть» (типы гибели, их механизмы, сигналы запуска, механизмы регуляции), освоить технику клеточных культур и метод инвертированной микроскопии для мониторинга состояния клеточной культуры, изучить клеточную гибель в культуре CT26.WT без воздействия и при воздействии актиномицина D методом проточной цитофлуориметрии.

Объектом исследования стали опухолевые клетки культуры СТ26.WT (клетки карциномы кишечника мыши). Предметом исследования была клеточная гибель (апоптоз и некроз) в культуре СТ26.WT.

В исследовании использовались методы инвертированной микроскопии и проточной цитофлуориметрии. Клетки выращивали в культуральных флааконах 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 2 раза в неделю по мере нарастания монослоя. При пересеве клетки отмывали фосфатно-солевым буфером, снимали со дна флаакона раствором трипсина в буфере Версена, отмывали и подсчитывали в камере Горяева. Суспензию разбавляли так, чтобы плотность клеток при посадке была 250 тыс на 1 см².

Эксперимент проводился следующим образом:

- 1) рассеяли клетки в шестилуночный планшет, выращивали 24 часа;
- 2) внесли в среду актиномицин D, инкубировали в течение 24 ч.;
- 3) сняли клетки в центрифужные пробирки, осадили их на центрифуге; супернатант слили;
- 4) осадок клеток ресуспендировали в PBS;
- 5) оценили количество клеток при помощи камеры Горяева, осадили снова;
- 6) разбавили суспензию буфером так, чтобы концентрация клеток была 100 тыс. в 100 мкл;
- 7) добавили к осадку 5 мкл Аннексина-V, коньюгированного с фикоэритрином и 5 мкл 7-AAD;
- 8) перемешали, инкубировали 15 мин. в темноте при комнатной температуре;
- 9) добавили в каждую пробирку по 400 мкл буфера и проводили цитофлуориметрию.

Проточная цитофлуориметрия – метод исследования водных дисперсных систем в режиме анализа одиночных элементов по сигналам светорассеяния (прямого, бокового) и флуоресценции. Основа 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 де-

текторы фиксируют: рассеяние света под малыми углами – от 1° до 10° (данная характеристика используется для определения размеров клеток), рассеяние света под углом 90° (позволяет судить о неоднородности и гранулярности клеток), интенсивность флуоресценции по нескольким каналам флуоресцентности (от 2 до 18 – 20).

Измерения проводили на проточном цитофлуориметре FACSCalibur (BD, США). Красители возбуждали лазерами с длиной волны соответственно 488 нм и 635 нм. Сигналы флуоресценции снимали во втором и третьем каналах. Спектры поглощения и флуоресценции использованных красителей представлены на рисунке 1.

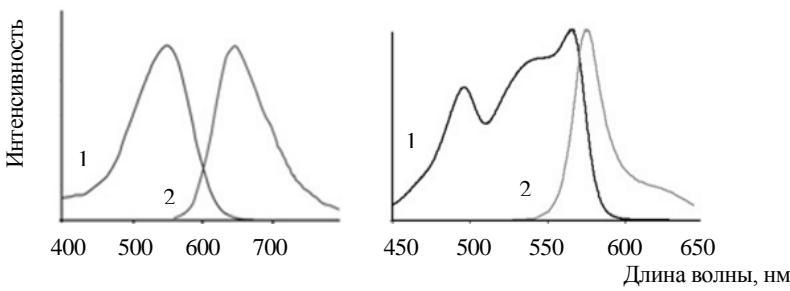


Рис. 1. Спектры поглощения (1) и флуоресценции (2)

В каждом образце собирали информацию о 10 000 событиях. 7-AAD наблюдался в клетках только при некрозе, что обусловлено тем, что молекула 7-AAD может проникнуть в клетку только при разрыве мембранны. Аннексин-В, меченный фикоэритрином, наблюдается на поверхности клеток при апоптозе, так как соединяется с фосфатидилсерином, который появляется на внешней стороне мембранны только при апоптозе.

Результаты проточной цитофлуориметрии обрабатывали в программе «CellQuestPro» в приложении «Statistics». Для начала определяли субпопуляции клеток с разной интенсивностью флуоресценции красителей, накладывая гейты и разделяя события на группы – «апоптотические и живые с некротическими» и «некротические и живые с апоптотическими». Затем подсчитывали процент клеток в этих популяциях, перенося соответствующие гейты. На графиках и гистограммах представлены результаты проточной цитофлуориметрии (рис. 2 и 3). Обобщенные результаты проточной цитофлуориметрии представлены в таблицах 1 и 2.

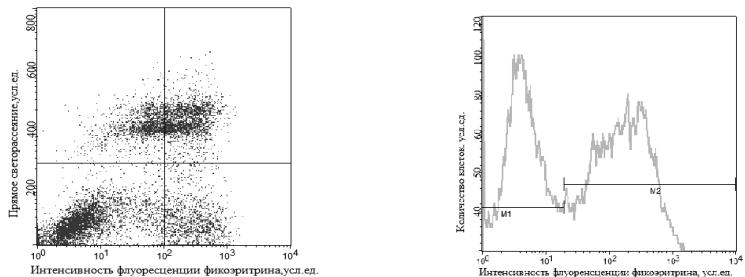


Рис. 2. Интенсивность флуоресценции Аннексина-В, конъюгированного с фикоэритрином в клетках (апоптоз в культуре)

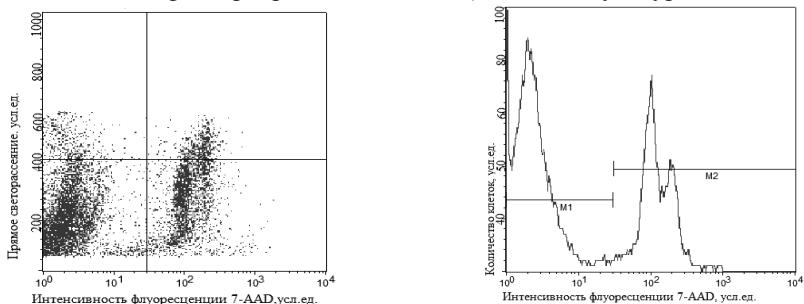


Рис. 3. Интенсивность флуоресценции 7-AAD в клетках (некроз в культуре)

Таблица 1. Процент апоптоза в культуре

Образец	% живых и некротических клеток	% апоптотических клеток
Контрольный	91	9
2 нМ актD	58	42
5 нМ актD	46	54
10 нМ актD	73	27

Таблица 2. Процент некроза в культуре

Образец	% живых и апоптотических клеток	% некротических клеток
Контрольный	86	14
2 нМ актD	75	25
5 нМ актD	64	36
10 нМ актD	84	16

При работе с клеточными моделями, в том числе с постоянно поддерживаемыми опухолевыми клеточными линиями, важно иметь представление о базовом уровне гибели клеток при ее культивировании, а также о поведении клеток в ответ на различные известные цитотоксические агенты. Полученная в ходе исследования информация не входит в содержание паспортов коммерческих культур, но ее необходимо учитывать при интерпретации результатов экспериментов, связанных с оценкой биологической активности новых веществ.

Литература

1. *Корман Д.Б.* Основы противоопухолевой терапии. – М., 2006. – 503с.
2. *Льюин Б.* Клетки / Под. ред. Б. Льюина и др.; пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 951с.

Влияние кобальта на состояние лабораторной популяции *Drosophila melanogaster*

Кудряшов Андрей Александрович
10 класс, МБОУ СОШ № 93, ШЮИ ИПФ РАН
Научный руководитель Е.А. Ерофеева,
доцент кафедры экологии ННГУ
им. Н.И. Лобачевского, кандидат биологических наук



Впервые изучена возможность эпигенетического наследования изменения массы, соотношения полов и плодовитости в лабораторной популяции дрозофилы при действии низких концентраций кобальта. Показано, что у второго поколения, которое не подвергалось воздействию токсиканта, было выявлено изменение массы (при дозах 2 и 0,5 мг% Со) и снижение плодовитости (при 0,5 мг% Со) по сравнению с контролем.

Тяжелые металлы являются широко распространенными загрязнителями окружающей среды [5]. Некоторые тяжелые металлы относятся к микроэлементам животных и растений и в связи с этим могут оказывать биологические эффекты даже в небольших дозах. К подобным элементам относится кобальт, основным антропогенным источником поступления которого в биосферу является горнодобывающая промышленность [2]. Влияние низких доз данного металла на состояние популяций насекомых является недостаточно изученным, несмотря на то, что данная группа беспозвоночных животных играет важнейшую роль в поддержании устойчивости экосистем. Общепринятым объектом для экспериментального моделирования воздействия различных токсикантов на состояние популяции является плодовая мушка (*Drosophila melanogaster* Meigen).

Цель работы состояла в изучении влияния низких концентраций кобальта в питательной среде на плодовитость, биомассу и соотношение полов в лабораторной популяции *D. melanogaster*.

Мух выращивали на стандартной питательной среде [4]. Первое поколение мух подвергали воздействию кобальта, который содержался в питательной среде. В среду опытных групп добавляли хлористый кобальт – 0,5 мг% Со (опыт 1) и 2 мг% Со (опыт 2). В среду контрольной группы токсикант не добавляли. В каждой группе было 15 пробирок. В одну пробирку помещали 5 самок и 3 самца, которых брали из фонда кафедры экологии ННГУ им. Н.И. Лобачевского. Мух кон-

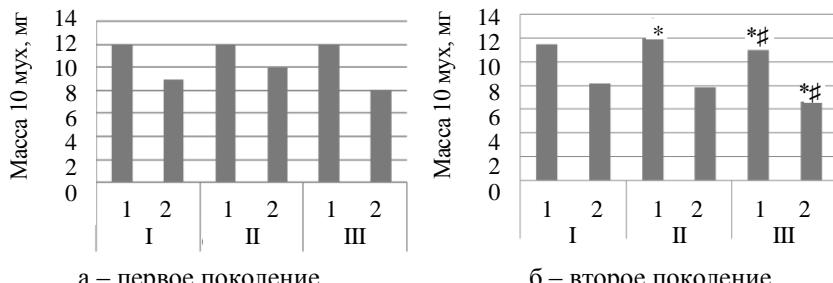
трольной и опытных групп культивировали в термостате при $+24 - 25^{\circ}\text{C}$ С и влажности воздуха 60 – 70% без освещения. Мух второго поколения контрольной и опытных групп выращивали на питательной среде без кобальта.

Рассматривалось три показателя состояния популяции: плодовитость (количество потомков следующего поколения на одну самку), масса особей и соотношение полов у мух в данном поколении.

Для получения данных о плодовитости из каждой группы в 10 пробирок помещали по 5 самок и 3 самца данного поколения на двое суток. После этого оценивали количество имаго следующего поколения на одну самку в каждой пробирке.

Для определения массы особей в каждом поколении взвешивали по 10 наркотизированных мух на лабораторных весах ADAM NBC 123 с точностью до 1мг. Всего было 10 – 15 повторностей в каждой группе.

Соотношение полов в каждой группе было установлено определением количества мух обоих полов по конституциональным особенностям у наркотизированных мух (самцы имеют черный кончик брюшка и меньший размер). Выборка состояла из 225 – 275 мух в каждой группе. Все данные заносились в таблицу. Для статистической обработки первичных данных использовали программы Биостатистика и Microsoft Excel. Проверку нулевой гипотезы о равенстве выборочных параметров для количественных признаков (масса особи, плодовитость) осуществляли, используя непараметрические критерии Крускала-Уоллиса и Ньюмана-Кейлса. Аналогичную процедуру для качественного признака (пол) проводили с помощью критерия хи-квадрат.



I – самки, 2 – самцы

I – контроль, II – опыт 1 (0,5 мг%), III – опыт 2 (2 мг%)

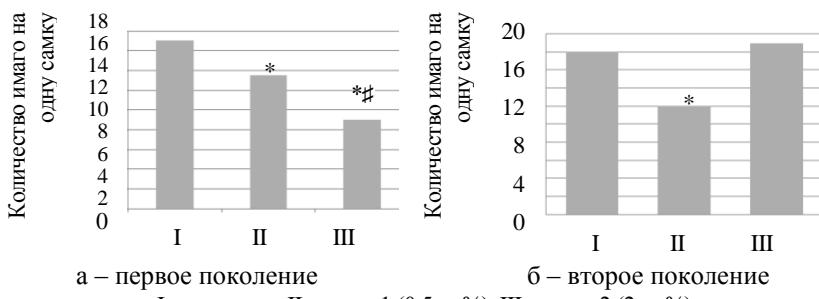
* – статистически значимые различия по сравнению с контролем при $p < 0,05$

– статистически значимые различия по сравнению с опытом 1 при $p < 0,05$

Рис. 1. Влияние кобальта на массу 10 мух

В первом поколении не было выявлено влияние кобальта на массу мух обоего пола относительно контроля (рис. 1). Однако во втором поколении были найдены различия между опытом и контролем (рис. 2), что подтверждает критерий Крускала-Уоллиса ($p = 0,016$). При этом токсикант в концентрации 2 мг% уменьшал массу самцов во втором поколении по сравнению с контролем. Для самок было выявлено увеличение массы при концентрации кобальта 0,5 мг%, и обратный эффект при концентрации 2 мг%. Таким образом, кобальт может оказывать влияние на данный показатель в последующих поколениях мух, развивающихся в нормальных условиях.

Для первого поколения было выявлено значительное уменьшение плодовитости при действии токсиканта (до 2-х раз сравнению с контролем) (рис. 2). При этом были установлены статистически значимые различия между эффектами разных концентраций кобальта. Известно, что тяжелые металлы снижают плодовитость дрозофилы [3]. Однако подобный эффект для низких концентраций кобальта нами показан впервые.



* – статистически значимые различия по сравнению с контролем при $p < 0,05$
– статистически значимые различия по сравнению с опытом 1 при $p < 0,05$

Рис. 2. Влияние кобальта на плодовитость

Во втором поколении происходило снижение на плодовитости 33% только в опыте 1 по сравнению с контролем (рис. 2). В опыте 2 данный показатель не отличался от контроля. Известно, что кобальт входит в состав витамина B_{12} , который синтезируется пропионовыми бактериями кишечника и может влиять на метилирование ДНК [1]. Вероятно, концентрация 0,5 мг% не оказывала токсического действия на бактериальную микрофлору, поэтому избыток кобальта в пище мог приводить к повышенному синтезу B_{12} и изменению метилирования ДНК в гаметах, что

приводило к эпигенетическому наследованию низкой плодовитости у второго поколения, не подвергавшегося воздействию токсиканта. По-видимому, концентрация 2мг% Со является токсичной для бактерий и они синтезируют этого витамина меньше, поэтому эффект для плодовитости не наследуется, но наблюдается слабый эффект у второго поколения в отношении массы мух.

Соотношение полов отличалось в опытных группах и контроле в первом поколении (рис. 3), что было показано с помощью критерия хи-квадрат. При этом в контроле самцов было меньше, чем самок, что, по-видимому, связано с особенностью приготовления питательной среды для первого поколения. Она оказалась немного плотнее обычно используемой. В опытных группах соотношение по полу приближалось к норме 1:1, что было установлено с помощью критерия хи-квадрат. Таким образом, кобальт нормализовал соотношение полов, повышая жизнеспособность самцов, так как они более чувствительны к неблагоприятным условиям среды (в данном случае к избыточной плотности питательной среды).

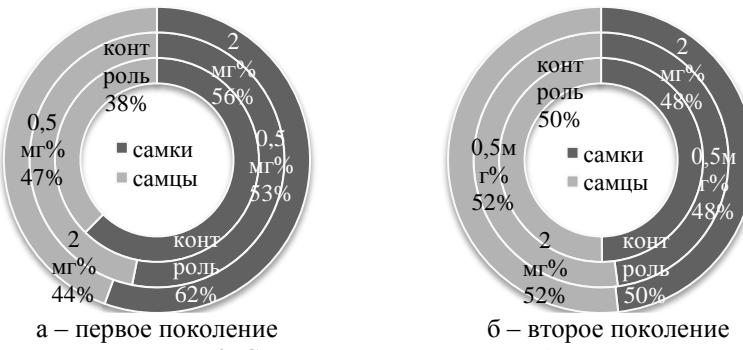


Рис. 3. Соотношение полов *D. melanogaster*

Во втором поколении среда была более благоприятна для дрозофил. Соотношение полов во всех трех группах соответствовало норме (1:1), что было установлено с помощью критерия хи-квадрат (рис. 3). Влияние кобальта не наблюдалось.

Выводы

1. В первом поколении мух, выращенных на среде с кобальтом (0,5 и 2 мг% Со), происходило значительное снижение плодовитости по сравнению с контролем (до 2-х раз). Во втором поколении снижалась плодовитость только в опыте 1 (0,5мг%) по сравнению с контролем, что указывает на эпигенетическое наследование данного эффекта.

2. В первом поколении не было выявлено влияние кобальта на массу мух обоего пола относительно контроля. Во втором поколении было выявлено слабое влияние кобальта на массу особей, развивавшихся на среде без токсиканта.

3. Соотношение полов отличалось в опытных группах и контроле в первом поколении. В контроле самок было больше, чем самцов, а в опыте соотношение было близко к 1:1 [4]. Соотношение полов во втором поколении в контроле и опыте соответствовало норме (1:1).

4. Среди изученных параметров популяции наиболее чувствительной к воздействию кобальта была плодовитость мух, которая значительно уменьшалась по сравнению с контролем при действии обеих изученных концентраций в первом поколении и опыте 1 (0,5мг%) во втором поколении.

В данной работе впервые изучена возможность эпигенетического наследования изменения параметров состояния популяции дрозофилы при действии низких концентраций кобальта. Результаты работы могут найти практическое применение прогнозирования отдаленных последствий загрязнения окружающей среды низкими концентрациями тяжелых металлов (близкими к ПДК). Возможным направлением дальнейших исследований может являться анализ влияния большего количества концентраций кобальта на состояние лабораторной популяции дрозофилы, а также изучение возможности наследования эффектов кобальта в большом ряду поколений.

Литература

1. Waterland R.A., Jirtle R.L. Transposable elements: targets for early nutritional effects on epigenetic gene regulation // Molecular and Cellular Biology. 2003. V. 23. № 15. P. 5293 – 5300.
2. Азарова С.В. Оценка экологической опасности отходов горнодобывающих предприятий Республики Хакасия с применением метода биотестирования // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 4. С. 55 – 59.
3. Бессчетнов И.И. Особенности развития *Drosophila melanogaster* при повышенных концентрациях кобальта в питательной среде // Валеология, 2012. № 1. С. 69 – 76.
4. Вавилов Ю.Л., Ерофеева Е.А. Методические указания для проведения лабораторных работ по дисциплине «Генетика». – Н.Новгород: ННГУ им. Н.И. Лобачевского, 2012. – 38 с.
5. Титов А.Ф., Таланова В.В., Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / Отв. ред. Н.Н. Немова; Институт биологии КарНЦ РАН. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. –172 с.

Потепление. Миф или реальность?

Пузикова Ксения Олеговна

11 класс, МБОУ Михайловская СОШ

Научный руководитель А.В. Доронина,

преподаватель химии и биологии

МБОУ Михайловская СОШ



Изучена проблема изменения климата на примере Воротынского района Нижегородской области в период с 1914 по 2010-й годы. Проанализированы закономерности изменения климата через статистическую обработку архивных данных Гидрометцентра Нижегородского ЦГМС-Р Верхневолжского УГМС. Рассчитаны годовые амплитуды и степени континентальности за исследуемый период наблюдений. Сделан анализ таблиц и построенных графиков среднемесячных, среднеквартальных и среднедекадных значений температуры воздуха, показана динамика изменения климата в районе. Сравнены среднегодовые значения температуры воздуха в Воротынском, Лукояновским (самым южным) и Ветлужском (самым северным) районах Нижегородской области. Сделан вывод о потеплении климата в данном регионе, что вписывается в общую картину потепления климата на Земле.

Разговоров об изменении климата очень много, но данные противоречивы: одни утверждают, что грозит потепление, другие – похолодание. Цель исследования: изучение динамики изменения температуры воздуха в заволжской части Воротынского района Нижегородской области с 1914 по 2010 год. Гипотеза: цикличность природных процессов является естественным процессом. Вероятно, что проблема потепления климата на Земле несколько преувеличена. Методы исследования: информационно-статистический, сравнение и анализ.

По предоставленным архивным материалам Гидрометцентра Нижегородского ЦГМС-Р Верхневолжского УГМС в таблицы были занесены среднемесячные и среднегодовые значения температуры, составлены таблицы среднесезонных и среднедекадных значений, определена продолжительность морозных дней по годам. По этим данным построены графики, отмечены самые теплые и холодные месяцы за 96-летний период наблюдений. Вычислены годовые амплитуды температуры и степени континентальности по годам и десятилетиям по формуле Ценкера $K_k = A/\Phi * 100\%$, где Φ – широта местности ($56^{\circ}04'$), K_k – степень континентальности климата, A – годовая амплитуда температуры, равная разности t_{cp} января и t_{cp} июля.

Результаты

1. Определена периодичность изменения среднемесячных, среднесезонных, среднегодовых значений температуры воздуха за данный период наблюдений с постоянным повышением средних значений за весь исследуемый период. За первые десятилетия XXI века три сезона (зима, весна, лето) являются самыми теплыми за весь период наблюдений.

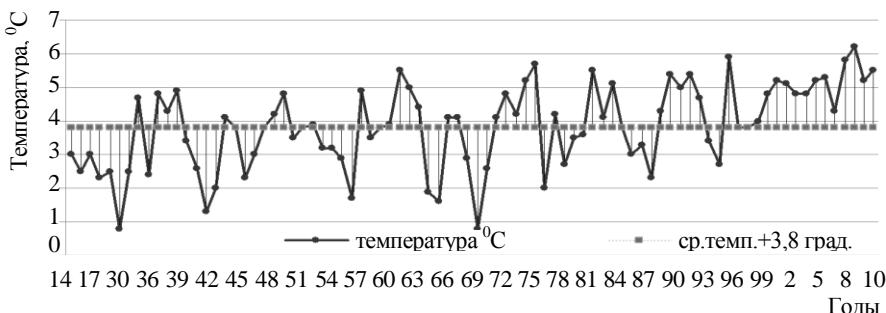


Рис. 1. Среднегодовые значения температуры воздуха с 1914 по 2010-й год

2. Продолжительность дней с низкими температурами (меньше нуля) колеблется незначительно (в среднем 179 дней).

3. Внутригодовое изменение температуры воздуха происходит неравномерно.

4. За последние 30 лет наблюдений видна тенденция уменьшения годовых амплитуд температуры и степени континентальности в силу повышения минимальных значений температуры в январе.

5. Климат меняется, происходит повышение показателей как верхних, так и нижних значений температуры воздуха, что позволяет утверждать, что в регионе на протяжении последних 96 лет температура воздуха повышается. Исследование указывает на потепление климата в регионе (см. таблицу), что не подтверждает гипотезу исследования.

Сравнивая динамику изменения температуры воздуха в Воротынском, Ветлужском (самом северном) и Лукояновском (самом южном) районах области можно проследить общую тенденцию повышения как верхних, так и нижних значений (рис. 2). Это говорит о том, что выводы, сделанные для Воротынского района, относятся и ко всей области.

Проведенное исследование имеет несомненную практическую значимость во многих областях нашей жизни. Потеплением климата

в регионе мы можем объяснить смещение границы ареала расселения некоторых южных видов живых организмов (палочник и ходуличник). Установив изменение климата в регионе, можно предположить, что если в дальнейшем тенденция к увеличению значения температуры воздуха будет сохраняться, то вероятно появление некоторых заболеваний, не свойственных данному региону. В работе не были исследованы причины потепления климата, а лишь констатировано его изменение.

Таблица. Значения годовых амплитуд и коэффициентов континентальности по десятилетиям за 70 лет

годы	t_{cp} января	t_{cp} июля	A	K_k
1941 – 1950	-13,1	17,9	31,2	55,7
1951 – 1960	-10,8	19,0	29,8	53,2
1961 – 1970	-12,5	17,5	30,0	53,5
1971 – 1980	-12,1	18,7	30,8	55,0
1981 – 1990	-10,0	19,0	29,0	52,0
1991 – 2000	-8,9	18,6	27,5	49,1
2001 – 2010	-8,9	20,2	29,1	51,9

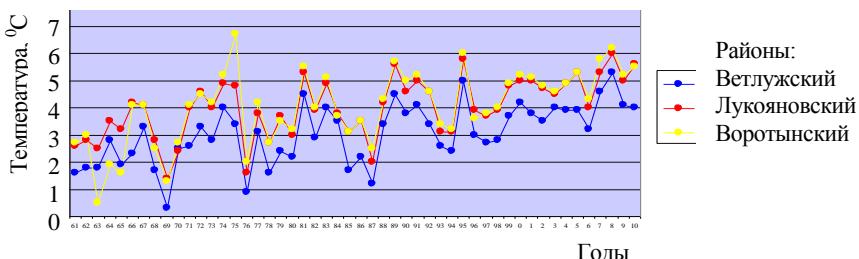


Рис. 2. Среднегодовые значения температуры воздуха с 1961 по 2010-й год

Литература

1. Кокорин А.О. Изменение климата: 100 вопросов и ответов. – М.: WWFРоссии, 2010. – 120 с.
2. Терентьев А.А., Колкутин В.И., Панютин А.А. Климат Нижнего Новгорода в XX веке и начале XXI века. (С глобальным и региональным аспектами). – Н.Новгород: Компьютер. экол. центр, 2011. – 280 с.
3. Яншин А.Л., Будыко М.И., Израэль Ю.А. Глобальное потепление и его последствия: Стратегия принимаемых мер // Глобальные проблемы биосферы. – М.: Наука, 2003.
4. Климат Воротынского района [Электронный ресурс]. www.russiatur.ru.

Тепловизионная методика оценки эффективности ведения больных с ограниченными ожогами во влажной среде

Смирнова Евгения Владимировна
10 класс, МБОУ лицей № 38, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель М.Г. Воловик,
старший научный сотрудник ФГБУ
«ПФМИЦ» МЗ России, кандидат биологических наук



Исследование посвящено разработке методики тепловизионной оценки эффективности ведения больных с ожоговыми ранами во влажной среде. Целью работы была выработка тепловизионных критериев целесообразности продолжения данного способа лечения, либо изменения его на альтернативный. В результате динамического исследования на этапах лечения предложены температурные критерии, позволяющие дифференцировать зоны, в которых заживление происходит оптимально, от прогностически неблагополучных участков, а также от сомнительных в отношении прогноза зон.

Ожоги представляют глобальную проблему в области здравоохранения – по оценкам в мире ежегодно происходит 265 000 случаев смерти от ожогов. При ожоговых поражениях одним из перспективных подходов к оптимизации процессов регенерации является обеспечение их протекания в условиях влажной среды. Во влажной среде облегчаются межклеточное взаимодействие, транспорт нутриентов, биологически активных молекул, факторов роста, гормонов. Снижается вероятность растрескивания и повторного инфицирования раны, предупреждаются избыточное высыхание тканей и углубление некроза, что важно с точки зрения предотвращения рубцовых деформаций и контрактур. В работе А.В. Ковалева и О.В. Холмогорской было доказано положительное действие влажной среды на заживление кожных ран и ожогов II степени у крыс [3].

Важной задачей является контроль динамики заживления ожоговых ран, что позволяет оценить эффективность применяемого лечения. Основной проблемой при лечении ожогов является оценка глубины ожогового поражения, особенно в первые дни после получения травмы. Для этого успешно используется метод тепловидения. В последние годы применение тепловидения для решения данной задачи получило новый импульс в работах группы польских исследователей [1].

В то же время, способы контроля эффективности лечения ожогов во влажной среде не разработаны, что обуславливает актуальность их поиска.

В данной работе было использовано тепловидение как метод, позволяющий измерять температурные характеристики поверхности тела по интенсивности инфракрасного излучения от нее. Цель исследования – выработка тепловизионных критериев прогноза течения раневого процесса при лечении ограниченных ожогов во влажной среде. Задачи: сформировать базу первичных данных для разработки тепловизионной (ТВ) методики оценки эффективности лечения ограниченных ожогов во влажной среде; подобрать информативные способы обработки полученных данных; предложить предварительные критерии прогноза течения раневого процесса для определения целесообразности продолжения данного способа лечения, либо своевременного изменения его на альтернативный.

Проведены ТВ исследования 12 ожоговых больных, проходивших лечение в условиях влажной среды в клинике ФГБУ «ПФМИЦ» Минздрава России. Преобладали пациенты с термическими ожогами II степени (9 человек), у одного был ожог III А степени и у двоих – III Б степени. У всех пациентов после выполнения общепринятой первичной хирургической обработки ран конечность с наличием ожога помещалась в стерильный прозрачный гибкий полиэтиленовый контейнер с 0,9% раствором NaCl. Ежедневно производилась перевязка с заменой контейнера на стерильный и раствора на аналогичный. Изучали сроки очищения ран от некротизированных тканей, а также окончательной эпителилизации раневых поверхностей.

Исследования проводили на тепловизоре «Thermo Tracer TH-9100» (Япония) в процессе смены раствора. Регистрацию ТВ данных производили в ходе смены контейнера спустя 5 мин. адаптации после обработки раневой поверхности хирургом, при постоянной температуре окружающей среды и при отсутствии внешних источников конвекции воздуха. После регистрации исходной термокарты проводили холодовую пробу (ХП): аппликация марлевой салфетки, смоченной физраствором комнатной температуры, на раневую поверхность на 1 минуту. После снятия салфетки регистрировали тепловую картину интересующей области сразу после окончания пробы (отметка времени 0), далее через 0,5 – 1 – 2 – 3 минуты. При наличии нескольких областей поражения ХП производили в каждой из них по аналогичной схеме. В поле зрения тепловизора должны были при-

существовать не только поверхность ожоговой раны, но также пограничные области вокруг нее и неповрежденные кожные покровы на отдалении, в которых также оценивали термореакции в ответ на ХП.

Анализ зарегистрированной информации проводили на персональном компьютере с помощью программы обработки термоизображений Goratec Thermography Studio. По данным каждой ХП построены графики зависимости температуры от времени. По временной динамике изменений температуры в клинически значимых зонах проведен анализ данных в программной среде Microsoft Excel. Полноценный статистический расчет данных мы считаем преждевременным, поскольку размеры выборки недостаточны.

На зарегистрированных термокартах были выбраны базовые области исследования: интактная (референтная) область – зона неповрежденных тканей, пограничная зона – граница ожога и области самой раны, выделяемые по принципу глубины поражения и (или) особенностей строения конечности. Выбор зон измерений зависел от динамики на этапах регистрации и мог быть уточнен в последующие дни. Далее для каждой из этих областей фиксировали среднюю температуру поверхности до начала ХП и через 3 минуты после ее окончания. Полученные данные заносились в таблицу: для интактных зон – в виде абсолютных значений температуры ($T_{\text{интактная}}$), для остальных областей – в виде разницы температур между каждой областью и интактной зоной ($\Delta T = T_{\text{зоны}} - T_{\text{интактная}}$). Графическое представление данных основывалось на значениях, полученных в результате их расчетного сравнения. С целью получения значений для графиков были рассмотрены значение ΔT в конкретной зоне после ХП и до нее. Разница этих дельт ($\Delta T = \Delta T_{\text{после}} - \Delta T_{\text{до}}$) служила ориентиром для оценки эффективности лечения и прогноза в каждой конкретной зоне ожоговой поверхности.

Результаты и обсуждение

Предварительный прогноз эффективности лечения во влажной среде строился на разности температур после и до пробы, которая рассматривалась как динамический параметр.

1) Предположительно благоприятный признак: разница прироста температур между областью измерения и интактной зоной после ХП не более $0,5^{\circ}\text{C}$ ($-0,5^{\circ}\text{C} \leq \Delta T$). Уменьшение этой разницы в ходе дальнейшего лечения (повышение ΔT), либо изначальное превышение им исходных значений температуры свидетельствовало о сохранности компенсаторного резерва микроциркуляции в данной области измерений.

2) Предположительно неблагоприятный признак: недостижение разницы температур по сравнению с интактной зоной на величину более 1°C ($\Delta T \leq -1^{\circ}\text{C}$). При предстоящем доборе данных до достижения уровня достоверности этот признак может служить рекомендацией для изменения тактики ведения данного пациента.

3) Сомнительный случай: сохранение «дефицита» температурного восстановления в диапазоне от $0,5$ до 1°C ($-1 \leq \Delta T \leq -0,5^{\circ}\text{C}$) в течение более пяти дней.

В качестве иллюстраций к высказанным положениям приведем примеры эффективного, неэффективного и сомнительного случаев использования влажной среды из числа обследованных пациентов.

1. Пример успешного лечения во влажной среде: больная М., 41 г. (рис. 1), диагноз: ожог кипятком 1 – 2 степени лица, шеи, туловища, верхних конечностей на площади 5% поверхности тела.

ТВ обследование правой верхней конечности. Курс лечения во влажной среде 7 дней (полный). На примере больной М. продемонстрирован принцип обработки данных: области измерения, таблица с первичными данными, расчетные значения, их графическое выражение.

Из графика, отражающего поэтапную динамику расчетного параметра ΔT (рис. 1), обращает на себя внимание первоначальное значительное (до 3°C) превышение температурных значений в пораженных участках кожи относительно «нормы реакции» интактной зоны (гипертермический ответ), что свидетельствует о воспалительном процессе. Для здоровой кожи конечностей известно, что к третьей минуте функциональной пробы при «мягких» воздействиях, подобных использованному нами, происходит возвращение температур к исходным значениям [2]. Следовательно, целевым надо считать приближение тестируемых значений к «нормальным» в процессе лечения, что мы и наблюдаем у данной пациентки уже к пятым суткам нахождения конечности во влажной среде. Сохранение характера термореакций на ХП после вывода из влажной среды свидетельствует о нормализации кожной микроциркуляции.

2. Пример неэффективного лечения во влажной среде: больной П., 25 лет, диагноз: ожог пламенем 1 – 3 степени лица, кистей на площади 15% поверхности тела.

ТВ обследование левой кисти. Курс лечения во влажной среде 20 дней с последующим выводом и кожной пластикой проблемных зон. Графическое представление динамики изменения ΔT в семи зонах пораженной поверхности кожных покровов кисти (рис. 2) демон-

стрирует нестабильные размашистые флюктуации с эпизодами температурных провалов после ХП и значительным снижением показателей на 18 – 20-е сутки лечения (этапы 6, 7).

Данный случай показывает необходимость своевременного выведения больных из влажной среды и изменения тактики лечения на альтернативные способы, что будет учитывать закономерности взаимодействия пато- и саногенетических механизмов при ожоговой патологии. Этот вопрос нуждается в дальнейшем изучении.

3. Пример своевременного вывода из влажной среды при сомнительном эффекте: больной У., 23 г., диагноз: ожог пламенем 1 – 3 степени лица, ушных раковин, щеи, обеих верхних конечностей на площади 12% поверхности тела. ТВ обследование правой верхней конечности. Курс лечения во влажной среде 5 дней с последующим выводом и кожной пластикой проблемных зон.

Исходя из ТВ данных, можно было предположить, что заживление ожоговой раны во всех участках идет успешно. Однако, используя прицельную разметку, ориентированную на клиническую оценку раневой поверхности, мы провели измерения в проблемной на взгляд клиницистов области и получили неблагоприятную картину (рис. 3). Температурный провал на 4-е сутки ведения больного во влажной среде свидетельствует о серьезном локальном нарушении микроциркуляции в исследованной зоне. На 5 сутки больной был выведен из влажной среды, и ему была произведена операция местной кожной пластики. Мы полагаем, что эпителизация в данном случае была теоретически возможна, но сроки ее оказались бы чрезмерно велики.

Таким образом, динамическое ТВ наблюдение на этапах лечения ожогов в управляемой влажной среде позволяет в ранние сроки дифференцировать зоны, в которых заживление происходит быстро, от прогностически неблагополучных участков, а также от пограничных (сомнительных) зон.

Цель дальнейших исследований в данной области – контролируемое ведение больных с дозируемыми саногенетическими воздействиями (подбор состава раствора, возможно разработка схемы последовательного использования разных растворов; добавление в раствор антибиотиков и биологически активных веществ; поиск критериев включения/невключения в ведение данным способом, разработка критериев оценки эффективности и предикторов ухудшения функционального состояния ожоговой раны в целом или ее отдельных участков).

$\Delta T = T_x - \text{Тинтактич.}$	До ХП	После ХП	До ХП	После ХП	До ХП	После ХП	До ХП	После ХП	$\Delta T = \Delta T_{\text{после}} - \Delta T_{\text{до}}$	Погран.	Запястье	Тенар
	Интактн.	Интактн.	Погран.	Погран.	Запястье	Запястье	Тенар	Тенар				
1 сутки [05.02.15]	35,2	33,9	-0,2	2,3	1	2,7	0,5	0,9	1 сутки	2,3	2,7	0,9
2 сутки [06.02.15]	32,6		1,4		2,9		1,6		2 сутки	1,4	2,9	1,6
5 сутки [09.02.15]	36,4	36,8	-1,3	-0,4	0	0,2	-1,9	-1,4	5 сутки	0,9	0,9	0,2
после вывода [11.02.15]	36,7	36,4	0,2	0	0,1	-0,2	-1,1	-1,4	После вывода	-0,2	0,1	-0,3

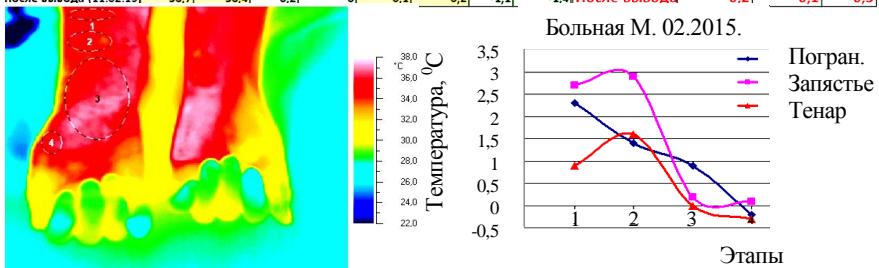


Рис. 1. Пример обработки данных в программной среде Excel: больная М.

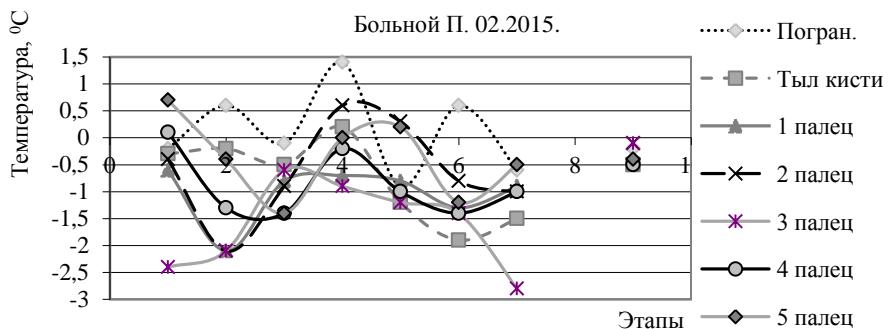
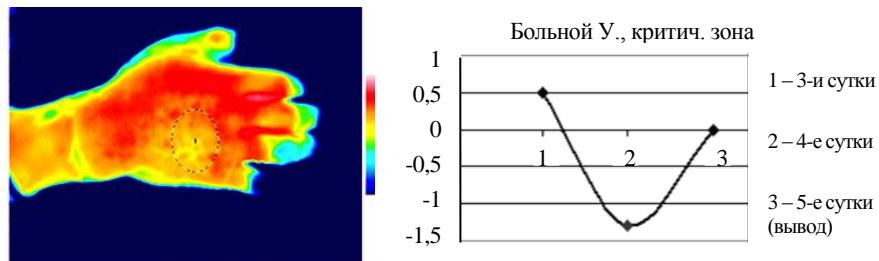


Рис. 2. Динамика поэтапного изменения $\Delta T = \Delta T_{\text{после}} - \Delta T_{\text{до}}$ у больного П.



а – термокарта

б – график динамики термореакции

Рис. 3. Критическая зона больного У.

Роль тепловидения заключается в контроле эффективности лечения и диагностике глубины ожогового поражения по зонам (зонирование раневой поверхности на основе термокарттирования), прогнозе

исхода лечения (по зонам), сортировке больных на тех, кому целесообразно продолжать лечение во влажной среде, и тех, кого целесообразно переводить на альтернативный метод лечения.

Выводы

1. Набран исходный материал для изучения проблемы ведения больных во влажной среде – 12 больных с ограниченными ожогами.

2. Разработана методика регистрации и обработки данных, позволяющая дифференцировать участки пораженных ожогом кожных покровов, успешно поддающихся лечению данным способом, а также участки, для которых он является малоэффективным, что может служить рекомендацией к изменению тактики лечения.

3. Предложены возможные (предварительные) критерии для различения областей ожоговой раны, хорошо поддающихся лечению во влажной среде, не поддающихся ему, а также пограничных (проблемных, сомнительных).

Литература

1. *Renkielska A., Kaczmarek M., Nowakowski A., Grudzicski J., Czapiewski P., Krajewski A., Grobelny I.* Active dynamic infrared thermal imaging in burn depth evaluation // J Burn Care Res. 2014 Sep-Oct; 35(5). Р. 294 – 303.
2. *Воловик М.Г., Колесов С.Н.* Обоснование выбора функциональных проб в медицинском тепловидении (на примере спиртовой пробы) // Оптический журнал. 2015. Т. 82, № 6 (в печати).
3. *Ковалев А.В., Холмогорская О.В., Суракова Т.В., Васильев В.В., Стаковецкая О.К.* Вестник Ивановской государственной медицинской академии. 2009, 14. С. 10 – 11.

Исследование порфиразиновых хромофоров как потенциальных фотосенсибилизаторов для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний

Шестакова Лидия Николаевна

11 класс, МБОУ СОШ № 14, ШЮИ ИПФ РАН

Научный руководитель Н.Ю. Шилягина, ассистент кафедры биофизики ННГУ им. Н.И. Лобачевского, кандидат биологических наук



Исследованы порфиразиновые хромофоры как потенциальные фотосенсибилизаторы для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний. Показано, что порфиразиновые хромофоры обладают высоким коэффициентом поглощения и флуоресценцией в красной области спектра. Зарегистрировано значительное усиление квантового выхода флуоресценции порфиразиновых хромофоров в средах, содержащих белки сыворотки крови, что объясняется их связыванием с белками. Показано, что порфиразиновые хромофоры накапливаются опухолевыми клетками в культуре, локализуясь в околостернальной области клеток, предположительно аппарате Гольджи и эндоплазматическом ретикулуме (ЭПР).

В настоящее время ведется активный поиск и исследование новых фотоактивных соединений – фотосенсибилизаторов – веществ, молекулы которых способны при поглощении света индуцировать фотохимические реакции. Данный тип реакций лежит в основе метода фотодинамической терапии, который заключается в локальной активации видимым светом накопившегося в ткани флуоресцентного красителя-фотосенсибилизатора, что в присутствии кислорода тканей приводит к развитию свободно-радикальных реакций и, в конечном итоге, к гибели клеток-мишеней. Несмотря на то, что в последние десятилетия были синтезированы десятки веществ, обладающих фотосенсибилизирующими свойствами, многие из них имеют существенные недостатки. В связи с этим разработка новых фотосенсибилизаторов по-прежнему остается актуальной задачей.

Целью работы являлось исследование нового соединения порфиразиновой природы в составе полимерных наночастиц на основе полиэтиленгликоля (ПЭГ) и полиимид-графт-поли-t-бутилметакрилата, или полимерных щеток (ПЩ) как потенциального фотосенсибилизатора для фотодинамической терапии и флуоресцентной диагностики.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: исследование спектральных свойств (поглощение и флуоресценция) порфиразиновых хромофоров в составе различных полимерных наночастиц в белковых и безбелковых средах; оценка относительного квантового выхода флуоресценции порфиразиновых хромофоров в составе различных полимерных наночастиц; исследование внутриклеточной локализации порфиразиновых хромофоров.

В работе был исследован новосинтезированный тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразин ($pz(4\text{-}FPh)_4(\text{CN})_4$) в составе полимерных наночастиц на основе ПЭГ и ПЩ. Структурная формула соединения представлена на рисунке 1.

На первом этапе исследования было проведено изучение спектральных свойств биосовместимых форм порфиразина. Показано, что положение максимума поглощения порфиразина не зависит от природы используемого полимера, при этом высота пика поглощения изменяется несущественно (рис. 2). Максимум поглощения порфиразина был зарегистрирован на длине волны 560 нм.

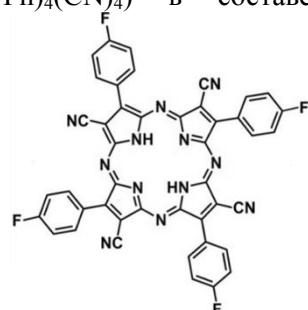


Рис. 1.
Структурная формула тетра(4-фторфенил)тетрацианопорфиразина

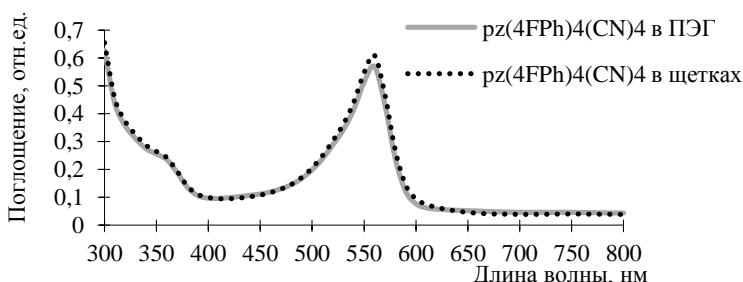


Рис. 2. Спектры поглощения порфиразина в составе различных полимерных наночастиц

В отличие от поглощения, интенсивность флуоресценции в красной области спектра исследуемого порфиразина существенным образом зависит от природы полимера, образующего биосовместимую водную суспензию, а также от присутствия в среде белков сыворотки

крови (рис. 3 и 4). Максимум флуоресценции порфиразина в составе ПЭГ и ПЩ находится на длине волны 635 нм. В присутствии белков сыворотки крови интенсивность флуоресценции порфиразина многократно возрастает по сравнению с водным раствором. Данный эффект может объясняться взаимодействием порфиразина с белками сыворотки.

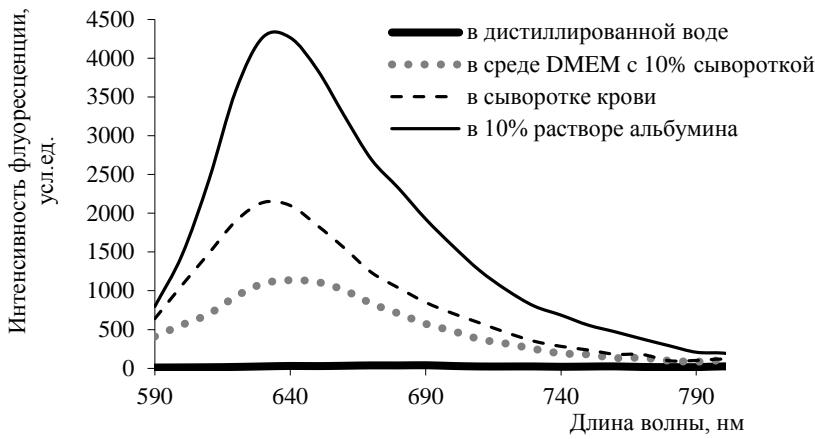


Рис. 3. Спектры флуоресценции $pz(4\text{-FPh})_4(\text{CN})_4$ ПЭГ в различных средах, $\lambda_{\text{ex}} = 560 \text{ нм}$

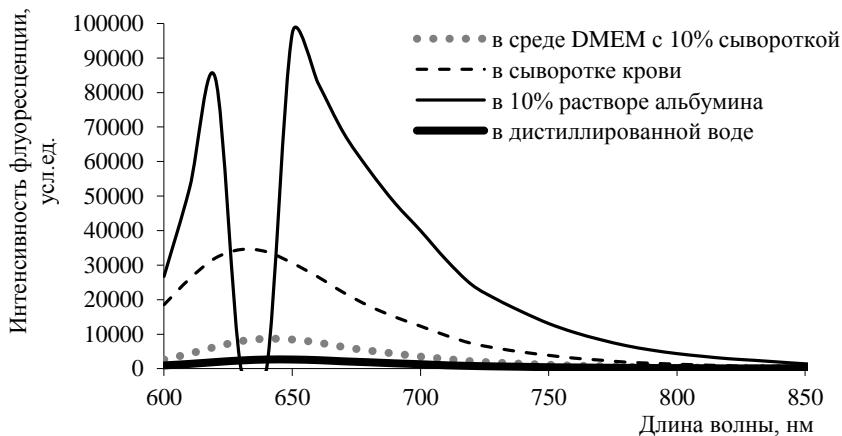


Рис. 4. Спектры флуоресценции $\text{pz-(4-FPh)}_4(\text{CN})_4$ ПЩ в различных средах, $\lambda_{\text{ex}} = 560 \text{ нм}$

Следующим этапом исследования стало определение относительного квантового выхода порфиразина в составе полимерных наночастиц на основе ПЭГ и ПЩ. Квантовый выход рассчитывался относительно раствора родамина *B* в воде, выбранного в качестве эталона, по формуле:

$$\varphi_2 = \varphi_1 \frac{F_2 (1 - 10^{-D_1})}{F_1 (1 - 10^{-D_2})},$$

где φ_1 – квантовый выход искомого вещества, φ_2 – квантовый выход эталона, F_1 – интенсивность флуоресценции искомого вещества, F_2 – интенсивность флуоресценции эталона, D_1 – оптическая плотность искомого вещества, D_2 – оптическая плотность эталона.

Квантовый выход флуоресценции порфиразина в составе полимерных наночастиц на основе ПЭГ и ПЩ, растворенных в воде, был небольшим. Существенное возрастание этой величины было зарегистрировано в присутствии белков сыворотки крови. Наибольшее значение величины квантового выхода флуоресценции было зарегистрировано для порфиразина в составе ПЩ в 10% растворе альбумина (рис. 5).

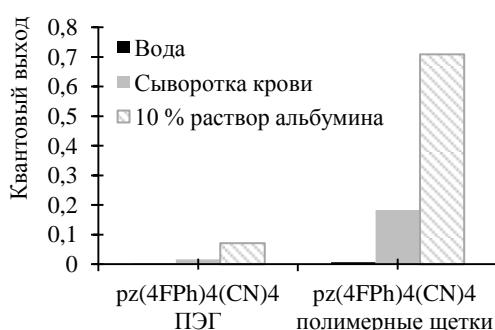


Рис. 5. Квантовый выход флуоресценции порфиразина в составе полимерных наночастиц на основе ПЭГ и ПЩ

Третьим этапом работы стало исследование внутриклеточной локализации порфиразина. Для определения внутриклеточной локализации порфиразинов были использованы клетки линии SKBR-3 – рак молочной железы человека. Исследование проводили методом конфокальной лазерной сканирующей микроскопии.

Клетки рассеивали на тонкодонные планшеты по 3000 клеток на лунку и инкубировали в течение ночи. Затем питательную среду заменяли на раствор порфиразина (5 мкМ) в питательной среде. Изображения получали через 60 минут без отмычки клеток от фотосенсибилизатора. На изображениях хорошо видно, что основными местами внутриклеточной локализации порфиразина являются околоядерная область клетки и внутриклеточные мембранные структуры, предположительно аппарат Гольджи и ЭПР (рис. 6).

Таким образом, в результате исследования установлено, что порфиразин в составе полимерных наночастиц характеризуется интенсивным поглощением и флуоресценцией в красной области спектра в терапевтическом окне прозрачности биологических тканей. Было доказано, что квантовый выход флуоресценции порфиразина многократно возрастает в присутствии белков сыворотки крови, что может объясняться его связыванием с белками сыворотки. В эксперименте на клеточных культурах показано, что порфиразиновые хромофоры интенсивно накапливаются опухолевыми клетками, локализуясь в околоядерной области клеток, предположительно аппарате Гольджи и ЭПР. Таким образом, порфиразиновые хромофоры по своим спектральным свойствам и способности накапливаться в опухолевых клетках в культуре представляют интерес в качестве потенциального фотосенсибилизатора для фотодинамической терапии и/или флуоресцентного маркера.

Литература

1. Странадко Е.Ф. Исцеляющий свет // Наука и жизнь. 2002, № 3. С. 14 – 19.
2. Узденский А.Б. Клеточно-молекулярные механизмы фотодинамической терапии. – СПб.: Наука, 2010. – 327 с.

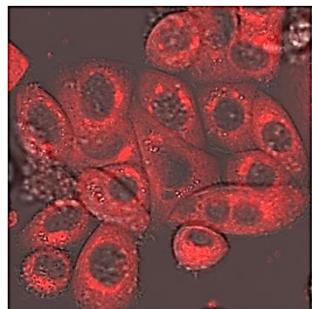


Рис. 6. Накопление клетками линии SKBR-3 порфиразина в составе полимерных наночастиц на основе ПЦ. Инкубация 60 минут, концентрация 5 мкМ, лех 633 нм, лем 650–710 нм

Наука как призвание и профессия

Когда при знании фактов доходишь до вопросов: «почему – отчего», их непременно надо разъяснить... ищешь правды, и я вполне чувствую, что могу умереть, могу сгореть, ища ее, но мне важно найти.

Владимир Иванович Вернадский (1863 – 1945),
российский естествоиспытатель и философ,
создатель науки биогеохимии

Наука – это совсем особая сфера труда, привлекающая к себе непреодолимой силой. Ученый кончает свою исследовательскую деятельность, почти всегда только уходя из жизни.

Сергей Иванович Вавилов (1891 – 1951),
российский физик, один из основателей нелинейной оптики,
президент Академии наук СССР

Есть люди, которые всю свою жизнь кладут на то, чтобы разобраться во лжи и правде, ищут истину о жизни. Люди эти – ученые. Настоящий ученый должен всю свою жизнь отдатьисканию истины – науке. Для него наука иистина больше и важнее, чем богатство, спокойная жизнь, почет и удовольствия. Были ученые, которые жили в неизвестности, умирали в нищете и оставляли после себя только написанные ими книги, но когда люди научились понимать эти книги, они убеждались, как много сделали эти безвестные при жизни ученые, и ставили им памятники.

Николай Константинович Кольцов (1872 – 1940),
выдающийся русский биолог-генетик, основатель российской
школы экспериментальной биологии

В жизни человек с выдержкой всегда побеждает. А выдерживать надо не полчаса, а годами.

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

Павел Алексеевич Черенков: жизнь как преодоление

Борис Викторович Булюбаш
доцент НГТУ им. Р.Е. Алексеева,
кандидат физико-математических наук



В 1958 году лауреатами Нобелевской премии по физике впервые стали ученые из СССР: Павел Алексеевич Черенков, Игорь Евгеньевич Тамм и Илья Михайлович Франк. Премия была присуждена за «открытие и истолкование эффекта Черенкова». Эффект был обнаружен Черенковым в ходе работы над кандидатской диссертацией, а Тамму и Франку принадлежит его «истолкование».

Павел Алексеевич Черенков родился 110 лет назад в семье зажиточного крестьянина Алексея Егоровича Черенкова в селе Новая Чигла Воронежской губернии. Когда ему было два года, умерла его мать Мария Павловна. Отец женился повторно, и, как рассказывала дочь Павла Алексеевича, «мачеха прятала его зимнюю шапку, чтобы не ходил в школу, а занимался мужскими домашними делами. Приходилось иногда убегать без шапки». В Новой Чигле была единственная на весь уезд библиотека, и несомненным везением в жизни Павла стала достаточно редкая в то время возможность много читать.

Среднее образование Павел получил в два этапа: сначала в церковно-приходской школе, после которой (из-за гражданской войны) вынужден был не учиться, а работать (чернорабочим и конторщиком). Потом продолжил свое среднее образование и завершил его в возрасте двадцати лет. В 1924 году он поступил на физико-математическое отделение Воронежского университета, после окончания которого преподавал в школах г. Миочуринска (тогда г. Козлова). В это время он познакомился с будущей женой – молодой выпускницей литературного отделения Воронежского университета Марией Путин-



И.Е. Тамм, П.А. Черенков и И.М. Франк

цевой. А в 1930 году подал документы в аспирантуру Ленинградского физико-математического института Академии наук (о приеме в нее он узнал из газетного объявления), успешно прошел собеседование и переехал в Ленинград.

Однако это радостное для него событие омрачилось характерными для того времени изломами судеб людей. В том же году его отца Алексея Егоровича Черенкова выслали в ходе колLECTIVизации из родного села. Кроме того, суд по так называемому «делу краеведов» приговорил к пяти годам лагерей отца Марии – профессора филологии Воронежского университета Алексея Михайловича Путинцева. По окончании суда над отцом Мария уехала из Воронежа в Ленинград. Она и Павел официально оформили свои отношения.

Научным руководителем аспиранта Павла Черенкова стал Сергей Иванович Вавилов, известный в первую очередь работами в области оптики. В 1932 году С.И. Вавилова избрали академиком АН СССР, а в 1934 году, после переезда Академии наук в Москву, назначили директором Физического института АН СССР (ФИАН). С 1945 года и до своей смерти в 1951 году С.И. Вавилов был президентом Академии.

Как самому провинциальному из вавиловских аспирантов, Павлу Черенкову досталась тема, казавшаяся на тот момент совсем неперспективной; он должен был изучать люминесценцию растворов солей урана. Из воспоминаний его дочери: «Что бы позже ни говорили участники и современники научных и колоннаучных событий, развивавшихся вокруг одной из аспирантских тем, распределение их было не столько везением для Павла Алексеевича, сколько просчетом всех остальных – тех, кто не взялся за аспирантскую тему Черенкова или не присоединился к теоретическим поискам позднее».

Формулируя Черенкову тему его диссертационного исследования, Вавилов сознательно вышел за рамки привычной для себя научной тематики. Предлагая новому аспиранту изучать люминесцентное свечение (а именно в этой области он был признанным специалистом), Вавилов в качестве инициатора люминесценции выбрал гамма-излучение радиоактивных солей урана, включив тем самым в сферу своих интересов стремительно развивавшуюся в те годы физику атомного ядра. Черенкову предстояло установить закономерности свечения растворенных урановых солей под действием радиоактивных излучений и выяснить, до какой степени она похожа на люминесценцию, вызываемую обычными источниками.

Осуществляя наблюдения, он обратил внимание на странное свечение чрезвычайно малой интенсивности, присутствовавшее в фоновом режиме во всех без исключения экспериментах. Поскольку предметом изучения были жидкости, дополнительному исследованию подверглись сосуды, в которых они находились (в первых экспериментах сосуды были стеклянными). Оказалось, что они также могут светиться.

Чтобы избавиться от фона, Черенков менял материал, из которого изготавливались сосуды. Сам он описывал это так: «Мне пришлось изготавливать самые разнообразные сосуды из различных материалов, в том числе из тончайших листочеков слюды (работа с ними была под стать ювелирной), и в конце концов остановиться на использовании платиновых сосудов, стенки которых сами не излучали и, кроме того, сравнительно легко очищались от загрязнений (в частности, прокаливанием). Таким образом, фон от возможного излучения стенок сосуда удалось исключить. Однако в ходе этой работы был выявлен дополнительный фон – свечение растворителя, даже самого чистого (при нулевой концентрации люминесцирующего вещества). Наблюдавшееся свечение чистого растворителя было очень слабым...».

Предположив, что свечение обусловлено растворителем, Черенков действительно обнаружил его в самых различных облученных дистиллированных жидкостях. Первое объяснение механизма загадочного свечения предложил научный руководитель аспиранта. Прежде всего С.И. Вавилов утверждал, что новое свечение не имеет отношения к люминесценции. Иначе говоря, излучение света происходит – в отличие от люминесценции – не вследствие появления в жидкости возбужденных молекул. При этом Вавилов считал (как выяснилось, ошибочно), что



П.А. Черенков в лаборатории

речь идет о тормозном излучении электронов, движущихся в растворителе (тормозным называют излучение частиц, имеющих заряд, при их равнозамедленном движении); электроны же появились в жидкости вследствие так называемого комптоновского рассеяния фотонов гамма-излучения радиоактивного источника, под воздействием которого, напомним, находился растворитель.

По воспоминаниям коллег, подготовив статью с изложением результатов эксперимента и объяснения наблюдаемого явления, Черенков предполагал, что у нее будут два автора – он сам и его научный руководитель. Одобрав статью в целом, Сергей Иванович, однако, предложил выделить в ней экспериментальную и теоретическую части и опубликовать их в виде двух отдельных статей двух разных авторов. В итоге во втором томе докладов Академии наук за 1934 год были опубликованы статья П.А. Черенкова с описанием эксперимента (свечение было зафиксировано у двадцати различных чистых жидкостей) и статья С.И. Вавилова с изложением теории обнаруженного Черенковым явления. У открытия, сделанного ими, имелась, таким образом, официальная дата – 27 мая 1934 года, зафиксированная как день поступления статей в редакцию докладов.

Как вспоминал позже Илья Михайлович Франк, «...гипотеза Вавилова...по ряду причин вызывала сомнения, однако его точка зрения о том, что излучает электрон, а не люминесцирует жидкость, мне представлялась несомненной».

В 1935 году Павел Черенков успешно защитил кандидатскую диссертацию. Постоянное внимание к его исследованиям со стороны Вавилова позволило ему не останавливать эксперименты со светящимися жидкостями. Главные же события (которые, собственно говоря, и привели в итоге к Нобелевской премии) были еще впереди. Пока же, по словам И.М. Франка, «ни у кого, кроме узкого круга лиц, связанных с С.И. Вавиловым, опыты Черенкова не вызывали интереса». Отчасти это было связано с не вполне привычной для физиков методикой исследования характеристик свечения. В то время они не имели в своем распоряжении ни интенсивных источников радиоактивного излучения, ни детекторов, которые могли бы регистрировать свечение столь низкой интенсивности. Специальная методика, разработанная Вавиловым, предполагала проведение наблюдений в полной темноте и придавала экспериментам до известной степени мистический характер.

В 1936 году установку Черенкова показывали, например, приемавшему в ФИАН известному французскому физику-экспериментатору Фредерику Жолио-Кюри. Как вспоминают очевидцы (в том числе и сам Павел Алексеевич), Жолио реагировал на происходящее с явным недоверием.

В интервью журналу «Природа» Черенков вспоминает, впрочем, и о «приятных исключениях»: «Я до сих пор с большим удовольствием вспоминаю восхищения Н. Бора “wunderbar, wunderschön” (нем. – удивительно, прекрасно), повторенные несколько раз после того, как я продемонстрировал ему одно из самых существенных свойств излучения – его пространственную асимметрию».

Асимметрию излучения Черенков (работая в тесном контакте с И.М. Франком) обнаружил в 1936 году. В серии экспериментов установку помещали в магнитное поле и в результате установили направленность излучения вдоль поверхности конуса, ориентированного под острым углом к вектору скорости движущегося электрона. Собственно говоря, именно с попыток объяснить эту особенность свечения и началось, по словам Франка, развитие теории эффекта, и именно на этом этапе к ее обсуждению подключился Игорь Евгеньевич Тамм.

Франк специально подчеркивал, что подобная направленность излучения имеет место и для звуковых волн – в том случае, когда источник движется со сверхзвуковой скоростью. В журнале «Природа» (№ 10, 1984) он писал: «Сейчас к этому уже все привыкли, но я могу привести пример, когда аналогичная ситуация и в наши дни вызывает удивление. Я имею в виду случай, когда какой-либо объект движется со сверхзвуковой скоростью. Фронт звуковой волны имеет в этом случае коническую форму с острым углом по отношению к траектории движения.

И вот до сих пор бывает трудно отделаться от привычных представлений. При полете сверхзвукового самолета мы слышим звук, похожий на выстрел. При этом иногда делают глубокомысленное



П.А. Черенков (второй справа) работает в государственной экзаменационной комиссии

замечание: «Самолет преодолел звуковой барьер». Никакого звукового барьера он не преодолевал, а летел с постоянной сверхзвуковой скоростью. Трудно себе представить, что самолет все время излучал звук, а мы его услышали только в тот момент, когда конус звуковых волн «проскочил» сквозь нас (уж очень мы привыкли к тому, что источник звука должен его излучать во все стороны!). Так дело обстоит теперь, а в 1936 году сверхзвуковых самолетов не было. И когда удивительная направленность излучения была обнаружена для видимого света, в это трудно было поверить. Даже Сергей Иванович (Вавилов – Б.Б.) сильно сомневался, пока не убедился в этом собственными глазами».

Илья Михайлович не случайно столь подробно рассказывал об излучении звуковых волн сверхзвуковым самолетом. Речь идет об удачной механической аналогии, иллюстрирующей главную идею построенной Таммом и Франком теории эффекта. Два фиановских теоретика доказали, что загадочное свечение исходит от «сверхсветовых электронов», то есть таких электронов, скорость которых превышает скорость света в жидкости (и, естественно, остается меньшей скорости света в вакууме); в итоге они получили основные формулы направленности излучения и потерю энергии в единицу времени.

Открытое Павлом Черенковым свечение, регистрация которого в 1930-х годах предполагала использование специальных методов регистрации, в настоящее время можно в некоторых случаях увидеть невооруженным глазом. Пример тому – голубоватое свечение воды, окружающей активную зону ядерного реактора; такое свечение демонстрируют нередко даже обычным экскурсантам.

Что же касается недоверия в то время к новому эффекту, то в явной форме оно проявилось в отказе журнала «Nature» опубликовать полученную от П.А. Черенкова статью. Последовав совету своего научного руководителя, он отправил статью в США, в журнал «Physical Review». Американские рецензенты оказались дальновиднее своих английских коллег, статья была в скором времени напечатана. Публикация в престижном «Physical Review» привлекла внимание научного сообщества, вскоре американские физики Г. Коллинз и Р. Рейлинг повторили описанные Черенковым опыты и подтвердили полученные им результаты. Именно они впервые употребили ставший широко известным теперь термин «свечение Черенкова». Заметим, что в отечественной научной и учебной литературе принято

название «свечение Вавилова – Черенкова», что подчеркивает роль С.И. Вавилова в открытии и исследовании необычного свечения.

В своей нобелевской лекции И.Е. Тамм назвал открытие Черенкова запоздавшим: «Само это явление могло быть легко предсказано на основе классической электродинамики за много десятилетий до того, как оно было фактически обнаружено. Почему же это открытие столь запоздало?! Мне кажется, что мы имеем здесь дело с поучительным примером отнюдь не редкой в науке ситуации, когда научный прогресс тормозится некритическим применением правильных физических принципов к явлениям, выходящим за пределы применимости этих принципов.

В течение многих десятков лет всех молодых физиков учили, что свет (и электромагнитные волны вообще) может излучаться только при неравномерном движении электрических зарядов. При доказательстве этой теоремы явно или неявно использовался тот факт, что теория относительности не допускает движений со сверхсветовой скоростью, согласно этой теории «никакое материальное тело не в состоянии даже достичь скорости света. Однако в материальной среде скорость света меньше, чем в вакууме, что делает возможным движение заряда со скоростью, превышающей скорость света в среде (и остающейся при этом меньшей скорости света в вакууме)».

В течение достаточно долгого времени (порядка десяти лет) свечение Черенкова оставалось явлением, не имевшим какого-либо практического применения. И только с появлением фотоумножителей (чувствительных приемников слабых световых сигналов) физикам удалось разработать устройства, позволяющие регистрировать быстрые заряженные частицы по испускаемому ими излучению Вавилова – Черенкова. В этих устройствах, известных как черенковские счетчики, слабые световые вспышки преобразуются в легко измеряемые импульсы напряжения. У черенковских счетчиков имеется целый ряд достоинств, обеспечивающих их широкое применение в физике высоких энергий.

Во-первых, они регистрируют только быстрые частицы, скорость которых превышает скорость света в среде. Во-вторых, благодаря направленности излучения, с их помощью можно определять направление полета частиц. В-третьих, черенковские счетчики отличаются быстродействием: они регистрируют за одну секунду в

сотни тысяч раз больше частиц, чем, скажем, счетчики Гейгера. К тому же в ряде случаев черенковские детекторы позволяют определить энергию пролетевшей частицы по углу между ее скоростью и направлением, в котором распространяется испускаемое ею излучение. С помощью черенковских счетчиков в 1955 году был открыт антипротон. Эмилио Сегре и Оуэну Чемберлену, получившим за это открытие в 1959 году Нобелевскую премию, именно такие счетчики позволили устраниТЬ фоновое излучение, на несколько порядков превышавшее происходившие эффекты.

По итогам всех проведенных им экспериментов П.А. Черенков защитил в 1940 году докторскую диссертацию, а в 1946 году ему, С.И. Вавилову, И.Е. Тамму и И.М. Франку за открытие и объяснение свечения Вавилова – Черенкова была присуждена Сталинская премия первой степени. После войны Павел Алексеевич принял активное участие в создании ускорителей электронов и за эту работу был награжден в 1952 году (в составе коллектива сотрудников) второй Сталинской премией.

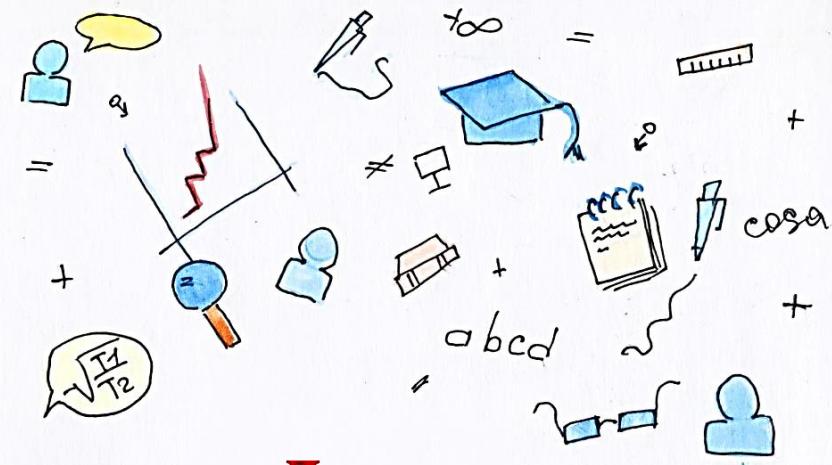
В 1959 году его назначили заведующим лабораторией фотомезонных процессов ФИАНа, и в этом качестве он в 1977 году стал (за участие в исследованиях по фоторасщеплению легчайших атомных ядер) лауреатом Государственной премии.

Неоправданно поздно – в 1964 году, спустя 6 лет после получения Нобелевской премии, – Черенкова избрали членом-корреспондентом АН СССР. И еще через 6 лет – академиком.

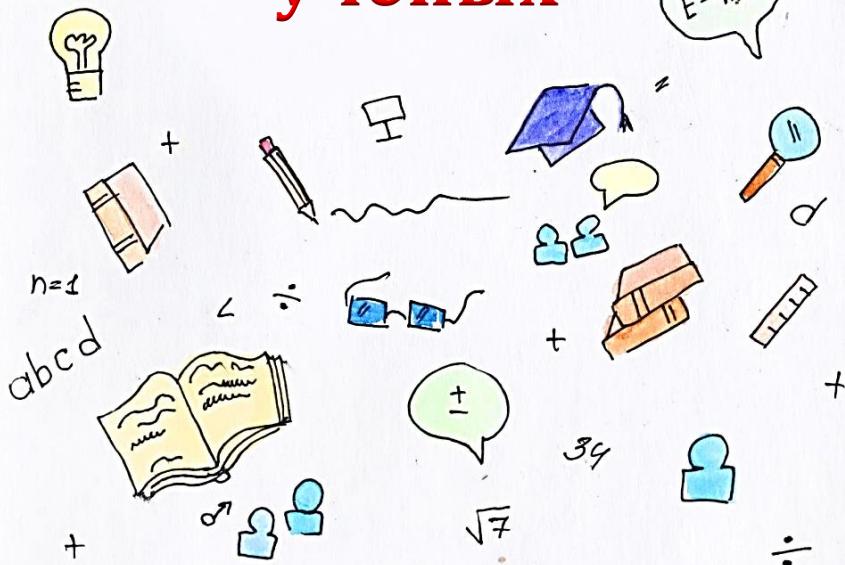
6 января 1990 года П.А. Черенков ушел из жизни. Во всех (немногочисленных) воспоминаниях о нем наряду с разными хорошими человеческими качествами отмечается его необычайная скромность. А его дочь Е.П. Черенкова биографический очерк о своем отце закончила необычной, характеризующей его жизненный путь, фразой: «Трудно рассудить, чего в его жизни было больше – удач, невзгод, счастья... Но я твердо знаю, чего было много – преодоления».



Посвященная
П.А. Черенкову марка



Лекции нижегородских ученых



Наука и искусство так же тесно связаны между собой, как сердце и легкие.

Лев Николаевич Толстой (1828 – 1910),
русский писатель, почитаемый как один из величайших писателей мира

Причина, почему искусство может нас обогатить, заключается в его способности напоминать нам о гармониях, недоступных для систематического анализа.

Нильс Бор (1885 – 1962),
датский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1922)

Наука, становясь все более чудесной и мощной силой, сама, во всем ее объеме, становится все более величественной и победоносной поэзией познания.

Максим Горький (Алексей Максимович Пешков) (1868 – 1936),
русский писатель

В природе существует много такого, что не может быть ни достаточно глубоко понято, ни достаточно убедительно доказано, ни достаточно умело и надежно использовано на практике без помощи вмешательства математики. Это можно сказать о перспективе, музыке, ...архитектуре...

Фрэнсис Бэкон (1561 — 1626),
английский философ, историк, основоположник эмпиризма

Формулы искусства

Чеберева Ольга Николаевна

доцент кафедры рисунка и живописи Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета (ННГАСУ),
кандидат архитектуры



Что такое искусство? Что такое наука? Галилей писал: «Философия написана в величественной книге (я имею в виду Вселенную), которая постоянно открыта нашему взору, но понять ее может лишь тот, который сначала научился постигать ее язык и толковать знаки, которыми она написана. Написана же она на языке математики». Это точка зрения ученого. А что такое математика? Это вид символической деятельности описательного характера, система которой разрабатывалась в течение долгого периода времени для естественнонаучных дисциплин. То есть язык математики – это язык науки. Математические формулы записаны при помощи символов, о значении которых договорились учёные всего мира. Формула определяется как мысль, выражающая в общей форме действие каких-либо законов или взаимные отношения явлений, объединяющая все частные случаи и записанная в символической форме. Символами в формуле часто становятся первые буквы названия химических элементов и физических величин. Яркий пример формулы – запись химического состава воды, например, H_2O – 2 атома водорода («Hydrogen» – H) и один кислорода (O – «Oxygen»). То есть формула передает определенную информацию в виде символической записи.

Изобразительное искусство, прежде всего формальное, абстрактное также пользуется символическими формами передачи информации зрителю. И тут необходимо разобраться сразу с двумя вопросами: чем отличается формальное искусство от абстрактного и какая между ними связь; какая информация может содержаться в произведении искусства, в арт-объекте?

Что касается первого вопроса, физические, химические и математические формулы передают объективную естественнонаучную информацию. В произведении искусства содержится информация о субъективном, чаще всего эмоциональном, восприятии мира художником. В психологии существует такое понятие, как эмоциональный

интеллект, то есть способность чувствовать, переживать, способность к эмпатии – восприятию эмоций другого человека.

Ответ на второй вопрос должен быть сразу понятен знающему английский язык человеку. Не только наука, но и искусство в современном мире движется в направлении развития все больших степеней предельного обобщения: поиска неких образных универсалий, одинаково воздействующих на всех людей, вне контекста «Formal». Формальный – соответствующий установленной форме или имеющий приоритет внешней формы по отношению к содержанию. «Abstract» в контексте искусства следует понимать как реферативный, то есть поданный в наиболее кратком и емком содержании. Наиболее ярким и известным примером произведения, «иконой» абстрактного искусства стал «Черный квадрат» К. Малевича, выполненный им в семнадцати различных вариантах, первый из которых появился в 1915 году. «Черный квадрат» изначально задуман автором как центральная часть триптиха (рис. 1).

Малевич использовал не черную краску, а сложную смесь нескольких цветов. Фигуры на полотнах (круг, квадрат, крест) в действительности не имеют правильной геометрической формы и специально расположены со смещением от центра, чтобы создать визуальный эффект движения, колебания фигур. Что же хотел своим абстрактным произведением выразить художник? У многих далеких от искусства людей возникает вопрос, был ли Малевич действительно художником, умел ли рисовать? В чем же суть абстрактного искусства?

Целью абстрактного искусства является не максимально похожее изображение конкретных объектов, как в реализме и академизме, а создание предельно обобщенных образов-схем, в которых каждый зритель может отыскать свои оттенки и смыслы прочтения. Помните повесть А. Экзюпери «Маленький принц» и иллюстрации к ней, выполненные самим автором? Они являются наиболее образным примером объяснения сути и целей абстрактного искусства (рис. 2 – 3).

Черты формального искусства в определенной степени присущи детскому рисунку, но не первому его этапу, когда дети двух-трех лет впервые начинают возить и чиркать карандашами по бумаге (иногда

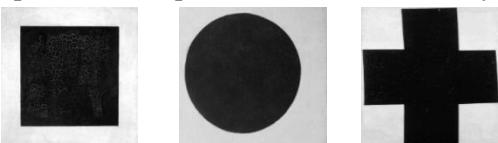


Рис. 1. Триптих выставки 1915 года:
черный супрематический квадрат,
черный круг, черный крест
(1915 г., плоскостной супрематизм)

по мебели, занавескам, обоям и маминому любимому новому дивану) без определенной цели, а в порядке эксперимента, естественно-испытательской деятельности, например, по засовыванию гвоздя в электрическую розетку, выливанию клея на ковер или кипятка на себя. Пометки, рисуночки на стенах – всего лишь первобытная форма эскизбюро вроде надписи на памятнике архитектуры «Здесь был Вася из 7 Б». Духовное значение таких надписей близко к злодеянию грека Герострата, сжегшего великолепный храм Артемиды Эфесской, одно из семи античных чудес света, только затем, чтобы оставить о себе память в веках.



Рис. 2. Страшный удав, заглотивший слона в разрезе, и совсем не страшный для взрослых снаружи

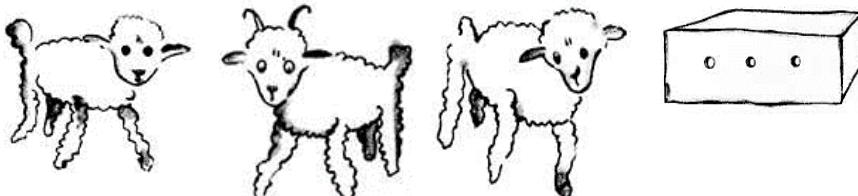


Рис. 3. Слабый, слишком большой и слишком старый барашек, и барашек в ящике

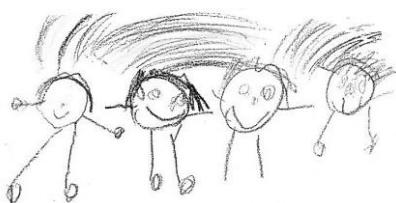


Рис. 4. Рисунки детей 4-х лет. Люди под радугой, «солнце»

Но если чиркание переходит в следующую фазу, если с карандашом начинает получаться управляться, если случайно проведенные в эмоциональном порыве линии и закаляки начинают уже что-то напоминать автору из действительности, появляется новый интерес:

отразить свои впечатления от жизни в рисунке. И получаются этакие «схемы», «условные обозначения» людей, явлений природы, которые весьма далеки от настоящего изобразительного искусства и, тем не менее, понятны большинству взрослых (рис. 4). А ведь эти рисунки-схемы в чем-то схожи с произведениями формального и абстрактного искусства, так как в них форма изображения обобщена.

Формальные образы ребенок начинает создавать после трех лет, примерно лет до шести. Такой образ фактически описан детскими стихами «палка-палка, огуречик, вот и вышел человечек ...», ведь детские рисунки зачастую весьма схематичны, изображаемые детали, будь то ноги, голова, радуга – весьма условны (рис. 4).

Дети не озабочены изобразительной грамотностью, они хотят передать свои впечатления, представления, выразить свое «Я». Таким образом, детский рисунок – это по сути язык, который служит ему средством формирования эмоционального интеллекта, то есть понимания своих эмоций, отношения и места в окружающем ближнем круге, мире. Ведь интеллект – это не только набор знаний и умение применять их к ситуации, эмоциональный интеллект – это вполне научный, устоявшийся термин, обозначающий сумму психологических процессов, без которых невозможно формирование полноценной личности и взросление ума. Без эмоций невозможно формирование личности, собственной позиции, умения принять решение и нести за него ответственность.

Символический смысл искусства всегда связан с идеологией и мировоззрением общества. Изобразительное искусство Древнего Египта передает в символическом виде содержание целых обрядов, событий, то есть является формальным языком, сродни математике, только описывает не естественнонаучные факты, а факты социальные, явления жизни общества, но также в виде системы знаков, имеющих изобразительное начало и условную форму, общепринятую систему сочетаний, включающую цвет, колорит.

Такой расцвет и яркая стилистика формального, знакового, даже геометризованного изобразительного искусства в Египте связан с тем, что долго было запрещено портретное, то есть не обобщенное, а именно изобразительное с предельным индивидуальным сходством, искусство. Исключением стали в связи с культом Атона портретный бюст царицы Нефертити (рис. 5) и фаюмский погребальный портрет в период греко-римского завоевания (IV век до н.э. – нач. н.э.). Вместо маски стали размещать поверх лица мумии портреты, написан-

ные на доске или холсте. Художники Фаюма писали портреты с натуры восковыми красками, что создавало объемные изображения. Плиний Старший в своих трудах свидетельствует, что живопись получила свое название в Египте, где она была известна еще за 6000 лет до греков. Интересно и то, что более жесткий запрет на изображение людей и животных накладывало в средние века магометанство. Не запрет ли на изображение сформировал у арабов склонности к математике как к виду абстрактного мышления?



Рис. 5. 1 – Бюст Нефертити. 2 – Фрагмент фресковой росписи «Охота на болотах» (1350 г. до н.э.), обнаруженная в гробнице древнеегипетского чиновника Небамуна на месте раскопок в Фивах (современный Луксор). 3 – 4 Саркофаг мумии, найденный в Фаюмской местности, с характерным портретным изображением умершего вместо погребальной ритуальной маски

Классическое (академическое) искусство является изобразительным, поскольку стремится отобразить реальность так, чтобы она была узнаваемой, вплоть до мельчайших деталей. Его идеология связана с идеями антропоцентризма, получившими распространение в искусстве древней Греции и доведенными до совершенства, до предельной детализации и индивидуализации черт в работах скульптора Фидия. Фидий стремился к анатомической точности для придания натуралистичности и передачи через движения, динамику, пропорции тела стремлений, борения Духа, силы мысли отдельного человека. Индивидуальное в изобразительности не только берет верх над социальным, воспевается личностный героизм, духовное и душевное выражается через скульптурную пластику.

Антропоморфность в архитектуре стала основной мифологемой ордерной системы в архитектуре древней Греции: дорический ордер ассоциируется с мужским началом, ионический – с женским. А на создание коринфского ордера архитектора Каллимаха вдохновила корзинка с дарами, оставленная на плите могилы девушки и окруженная кустом аканта. Впервые коринфский ордер был применен в храме Аполлона в Бассах (вторая половина V в. до н.э.). В усовершенствованном виде мы встречаем его в круглом храме в Эпидавре; в конце IV в. до н.э. коринфский ордер был использован при создании памятника Лисикрата в Афинах (рис. 7).



Рис. 6. «Мойры». Фрагмент скульптуры восточного фронтона Парфенона. Мрамор. 438 – 432 до н.э. Британский музей. Лондон

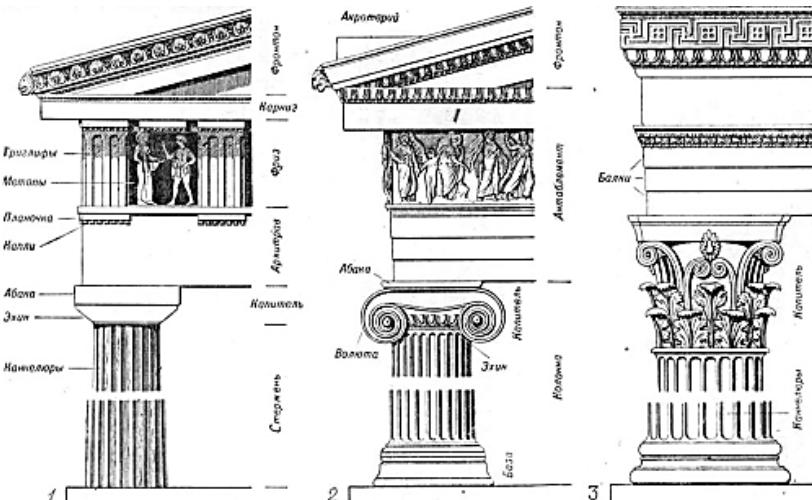


Рис. 7. Отдельные элементы колонн
1) дорического, 2) ионического, 3) коринфского ордера

Любопытно, что даже понятие «композиция», с точки зрения греческого античного искусства, имеет весьма двойственный смысл. Это и не сочетание, и не компоновка, а фактически явление, действо, то есть нечто происходящее, включающее диаметрально взаимоис-

ключающие составляющие силы и компоненты. Любая композиция в изобразительном искусстве и архитектуре поддается инструментам формального математического описания, например, при помощи аналитической геометрии, векторной алгебры. То есть композицию можно описать фактически теми же инструментами, что и физическое явление, закономерность. Римляне присвоили термину «композиция» более узкое значение – «сочетание».

Каноны религиозного искусства последующих за владычеством Рима средних веков – тоже формула, в символической форме отражающая идеальный духовный мир. Противопоставленная с точки зрения формул средневековому религиозному искусству эпоха Возрождения с научной теорией линейной и воздушной перспективы в рисунке и живописи, с анатомическими изысканиями; именно искусство Возрождения постепенно превращается в академическое искусство.



Рис. 8. Андрей Рублев.
Троица («Гостеприимство
Авраама»). XV в.



Рис. 9. Рафаэль Санти. Афинская школа.
Фреска парадного зала Ватиканского дворца.
1511 г.

Замечательно творчество Бориса Раушенбаха, математика, известного опытами искусствоведения, переросшего в искусствознание. Искусствоведение – от слова ведать, ведун, а Раушенбах был по основной профессии и образованию ученым, математиком, именно поэтому ему и удалось проанализировать и «вычислить» множество формул геометрических построений в изобразительном искусстве от академизма до религиозной живописи. Раушенбах создал теорию «перцептивного» пространства, согласно которой иконография и линейная перспектива базируются на законах оптико-физиологического восприятия предметного мира человеком. Удаленные предметы видятся в перспективе, близкой к «классической» прямой перспективе

(рис. 11), близкие же предметы воспринимаются нами в аксонометрии или слабой обратной перспективе (рис. 10, рис.11б).

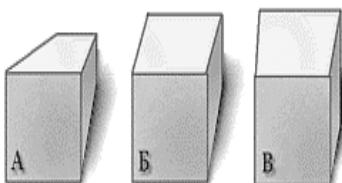


Рис. 10. Элементы восприятия, согласно теории перцептивного пространства Б. Раушенбаха: А – линейная, Б, В – обратная перспектива

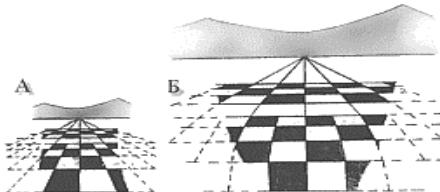


Рис. 11. Теория линейной перспективы, разработанная в эпоху Ренессанса, и ее оптические искажения в восприятии человеком

В академическом искусстве была использована масса формул, приемов, допущений изображения трехмерного пространства на плоскости: перспектива линейная, сферическая, с одной, двумя, тремя точками схода, так называемая воздушная перспектива в рисунке и в живописи. Академизм был вытеснен не только развивающимся фотоискусством. Интенсивное развитие естествознания, науки и техники в середине XIX века сформировало установку на поиск принципиально новых форм самовыражения, эстетических идеалов. И первыми на эту установку среагировали художники. Появились два течения, ставившие задачей перейти от студийного академического искусства к более непосредственным формам и формулам самовыражения в искусстве (передвижники в России и импрессионисты на Западе).

Выйти из студии на пленэр (так называется работа художника на открытом воздухе) художникам-импрессионистам и передвижникам позволили следующие изобретения: переносной этюдник, фасовка красок в металлические герметичные тубы, чтобы они не высыхали, и опрессовка кистей металлическим ободом, чтобы они стали долговечнее. Художникам-передвижникам в России, самым известным из которых стал, пожалуй, И.Е. Репин (рис.12), и импрессионистам во Франции принадлежит целый ряд новшеств – от сюжета, вышедшего за рамки мифических и библейских историй и организации передвижных экспозиций, до изучения свойств локального цвета предмета в зависимости от освещения. Термин «импрессионизм» поначалу был пренебрежительным, а возник он с легкой руки критика Л. Леруа, который взял за основу название картины «Впечатление. Восходящее солнце» К. Моне (рис. 13). Искусствовед Э. Гомбрих выводит

истоки кубизма из позднего творчества импрессиониста Поля Сезанна (рис. 14). В ответе на письмо молодого Пабло Пикассо он писал: «В одном из писем Сезанн рекомендует молодому художнику рассматривать природу как совокупность простых форм – сфер, конусов, цилиндров. Он имел в виду аналитический подход к рисунку предметов, которые состоят из базисных геометрических форм. Но Пикассо и его друзья восприняли совет буквально». Кроме того, Пикассо испытывал увлечение африканской скульптурой (рис. 15), и его ранние работы в стиле аналитического кубизма были вдохновлены именно геометризованными формами такого искусства (рис.16).



Рис. 12. И.Е. Репин. Крестный ход в Курской губернии. 1880 г. Государственная Третьяковская галерея, Москва



Рис. 13. Клод Моне. Впечатление. Восход солнца. 1872 г. Музей Мармottан-Моне, Париж

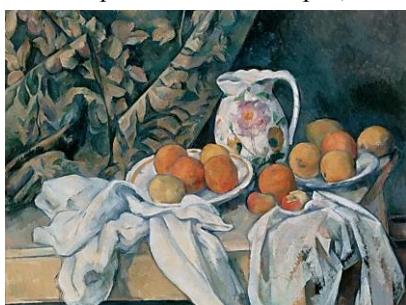


Рис. 14. Поль Сезанн. Натюрморт с драпировкой. 1895 г.



Рис. 15. Африканская маска



Рис. 16. Пабло Пикассо. Женский бюст, или Морячка. 1907 г.

Казимир Малевич на пути к программному произведению супрематизма (от лат. «супрем» – превосходный, наивысший) – «Черному квадрату» прошел академическую школу живописи, побывал импрессионистом, адептом сезанновского кубизма, аналитического ку-

бизма Пикассо, кубофутуризма. Все эти этапы его творчества (рис. 17 – 25) стали лишь ступенями поиска образа предельного обобщения НОВОГО В ИСКУССТВЕ начала XX века.



Рис. 17. К. Малевич. Церковь. 1905 г. Импрессионизм (пуантилизм)



Рис. 18. К. Малевич. Плащаница. 1908 г. Арт-деко



Рис. 19. К. Малевич. Поле. 1909 г. Импрессионизм (по пути Ван Гога)

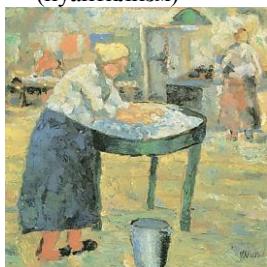


Рис. 20. К. Малевич. Прачка. 1909 г. Импрессионизм (сезанновский)



Рис. 21. К. Малевич. В бане. 1910 – 1911 г. Работа в духе Сезанна

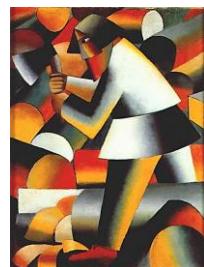


Рис. 22. К. Малевич. Лесоруб. 1912 г. Кубизм



Рис. 22. К. Малевич. Супрема № 58. 1916 г. Супрематизм.



Рис. 23. К. Малевич. Англичанин в Москве. 1918 г. Кубофутуризм.



Рис. 25. К. Малевич. Автопортрет. 1933 г. Реализм

«Черный квадрат» Малевича – это МАНИФЕСТ отрицания старого изобразительного начала в живописи и предчувствие НОВОГО в искусстве, мировоззрении, социальных и эстетических идеалах общества в целом, переживающего мучительный переход от установок традиционного земледельческого общества к индустриальному. «Черный квадрат» – МАНИФЕСТ и предельно лаконичный образ новой рационалистической эпохи, ставший отправной точкой целого направления в искусстве и архитектуре – модернизма, и породивший формы и композиции большинства зданий, в которых мы сегодня живем, работаем, учимся.

Хотелось бы надеяться, что теперь творчество советского художника польского происхождения Казимира Малевича не будет казаться однозначным. Как всякий большой художник и философ, он, подобно П. Пикассо, прошел в своем творчестве через множество этапов. И квинтэссенция рационального в изобразительном – «Черный квадрат», созданный в Витебске в 1915 году, вовсе не является единственной формулой его поисков новой эстетической системы, поддающейся математическому моделированию. Именно «Черный квадрат» и супрематизм как ничто другое близки большинству из нас в качестве прародителей мебели, которая стоит в наших школах и кабинетах, и идей дизайнеров ИКЕА, обувщиков UNITED NUDE, творчество знаменитой ныне дизайнера Захи Хадид, пользующейся математическим моделированием своих проектов. Выставка Хадид проходила летом 2015 года в Государственном Эрмитаже Санкт-Петербурга. Одним из программных экспонатов выставки закономерно стал один из семнадцати созданных Малевичем «Черных квадратов».

Вопросы для размышления

1. Мы преклоняемся перед мудростью науки, ее успехи окружают нас. Но многие ли ощущают, что наука прекрасна, как и искусство? Французский энциклопедический словарь Ларусс определяет прекрасное как то, что «радует глаз или разум». Кроме красоты, постигаемой чувствами, есть и другая красота, постигаемая разумом. Это особый вид красоты – красота науки. В чем же она состоит? В чем состоит красота научной теории, закона, концепции?
2. Есть ли общие ценности у науки и искусства как двух способов познания?
3. Какие элементы искусства есть в науке?
4. Что, по вашему мнению, является вечным в искусстве? А что свидетельствует о вечности науки?
5. Какая информация содержится в произведениях искусства?
6. В беседе с немецким публицистом начала XX века А. Мошковским А. Эйнштейн сказал: «Мне лично ощущение высшего счастья дают произведения искусства, в них я черпаю такое духовное блаженство, как ни в какой другой области». Почему наука не может развиваться без способности ученых к образному мышлению? Чем воспитывается и как развивается образное мышление?
7. Российский физик, химик и биофизик, член-корреспондент РАН М.В. Волькенштейн (1912 – 1992) считал, что «единство науки и искусства – важнейший залог последующего развития культуры. Нужно искать и культивировать то, что объединяет науку и искусство, а не разъединяет их. За научно-технической революцией должна последовать новая эпоха Возрождения». Немецкий поэт и естествоиспытатель Иоганн Вольфганг фон Гете (1749 – 1832) говорил о своем времени: «Забыли, что наука развивалась из поэзии: не принимали во внимание соображение, что в ходе времен обе отлично могут к обоюдной пользе снова дружески встретиться на более высокой ступени». Как вы понимаете эти высказывания? В чем взаимосвязь и взаимодействие науки и искусства?

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
НАУЧНОЕ РУКОВОДСТВО КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
<i>Терехина А.В.</i> Быть педагогом	13
<i>Терехина А.В.</i> Путеводитель	14
<i>Ермилин А.И., Ермилина Е.В.</i> Направления развития дополнительного научного образования школьников: вчера и сегодня.....	15
<i>Фирсова А.М.</i> Научное руководство как педагогическая деятельность	23
<i>Пигалицын Л.В.</i> Учебно-исследовательские работы школьников – залог успеха науки XXI века	29
ФИЗИКА	
<i>Батанина Л.К.</i> Численное моделирование и исследование динамики развития нейритов.....	36
<i>Воскобойникова А.А.</i> Речное цунами и безопасность для населения и сооружений, расположенных вдоль русел рек	40
<i>Ганина М.М.</i> Исследование электрических характеристик ламп накаливания разной мощности	44
<i>Денисова А.Ф.</i> Исследование преобразования поляризации лазерного излучения в анизотропной среде с кубической нелинейностью.....	48
<i>Ермилин Е.А.</i> Лабораторное исследование механо-акустических свойств природных сред методом резонансной акустической спектроскопии	54
<i>Жданов Н.К.</i> Исследование движения частицы в поле с двумя потенциальными ямами	60
<i>Засобин А.В.</i> Исследование распределенной нагрузки в различных системах сил	66
<i>Калашиников М.Г.</i> Исследование влияния «шкурки банана» на коэффициент трения	70
<i>Ковалдов Д.А.</i> Исследование колышевых волн, генерируемых водными каплями на поверхности воды.....	73
<i>Краснокутский А.И.</i> Разработка устройства для компьютерной регистрации напряжения, медленно изменяющегося во времени	78
<i>Надришина Я.К.</i> Демонстрация бесконтактных методов передачи электромагнитной энергии на основе системы двух или нескольких катушек	82
<i>Соловьев Д.В.</i> Электропроводимость пламени	88
<i>Филимонов А.Г.</i> Исследование температурной зависимости оптических характеристик кристалла тербий-галлиевого граната для создания криогенного изолятора Фарадея.....	94
<i>Чекмарев Н.В.</i> Измерение добротности резонатора ТГц гиротрона.....	100

ПРИКЛАДНАЯ ИНФОРМАТИКА И МАТЕМАТИКА

<i>Ловыгина Д.Д.</i> Построения с ограничениями	104
<i>Малахова А.С.</i> Создание компьютерной обучающейся программы для интерактивного взаимодействия с пользователем.....	107
<i>Малышев А.А.</i> Подавление вычислительных ошибок на примере решения уравнения Шредингера	110
<i>Призенцов С.С.</i> Оптимизация работы школы с применением линейного программирования.....	114

ХИМИЯ

<i>Гиричева М.А.</i> Синтез органических производных сурьмы с салициловой и гидроксокоричной кислотой.....	120
<i>Ильичев А.С.</i> Фуллеренсодержащие полимеры винилового ряда: особенности синтеза и исследование физико-химических свойств.....	123
<i>Колпакова К.А.</i> Исследование аспиринсодержащих лекарственных препаратов методом тонкослойной хроматографии	127
<i>Романова А.Н.</i> Определение органических веществ в снеге	131
<i>Сорокин П.А.</i> Спектрофотометрическое изучение влияния условий заваривания чая на содержание кофеина в напитке	136

БИОЛОГИЯ

<i>Баскаков Е.Ю.</i> Клеточная гибель в культуре карциномы кишечника мыши ...	142
<i>Кудряшов А.А.</i> Влияние кобальта на состояние лабораторной популяции Drosophila melanogaster	147
<i>Пузикова К.О.</i> Потепление. Миф или реальность?!	152
<i>Смирнова Е.В.</i> Термовизионная методика оценки эффективности ведения больных с ограниченными ожогами во влажной среде	155
<i>Шестакова Л.Н.</i> Исследование порфиразиновых хромофоров как потенциальных фотосенсибилизаторов для флуоресцентной диагностики и фотодинамической терапии онкологических заболеваний	162

НАУКА КАК ПРИЗВАНИЕ И ПРОФЕССИЯ

<i>Булюбаш Б.В.</i> Павел Алексеевич Черенков: жизнь как преодоление	169
--	-----

ЛЕКЦИИ НИЖЕГОРОДСКИХ УЧЕНЫХ

<i>Чеберева О.Н.</i> Формулы искусства	179
<i>Вопросы для размышления</i>	190