

Школа юного исследователя

Сборник научно-исследовательских работ учащихся

Выпуск 1

Нижний Новгород
2008

Составители:

A. И. Ермилин, канд. пед. наук,
директор ДООЛ им. Н. С. Талалушкина;

E. В. Ермилина, зам. директора по научно-методической работе
ДООЛ им. Н. С. Талалушкина, педагог высшей категории

О бложка *A.В. Красильникова*
Рисунки *Ю.Е. Горбушина*

Школа юного исследователя: Сборник научно-исследовательских работ учащихся. /[составители: А.И. Ермилин, Е.в. Ермилина]; Научно-образовательный центр ИПФ РАН. — Выпуск 1. — Н. Новгород: Институт прикладной физики РАН, 2008. — 180 с.

Сборник содержит материалы конференции «В мире знаний», прошедшей в апреле 2008 года в ИПФ РАН

ПРЕДИСЛОВИЕ

Академические НИИ, даже самые успешные, и способные уже сейчас платить молодым ученым приличные зарплаты, тем не менее, испытывают, острейший дефицит молодых кадров, возникший за полтора десятка лет невнимания государства к науке.

За эти годы было утрачено сложившееся за три сотни лет отношение к науке, как к элитной сфере человеческой деятельности как в обществе в целом, так и в школе. Образовательные стандарты и реализуемые в настоящее время подходы в средней школе, отличающейся заметной инертностью, повернуть в сторону науки весьма затруднительно, хотя и необходимо — иначе псевдонаука и религиозное мракобесие заполнят образовавшийся вакуум. Сегодня возможно, что даже в ведущие физ-мат лицеи забредают священнослужители, развесивая символы православной атрибутики по углам и дверям! Вместе с тем, различные формы внеклассного дополнительного образования, в рамках работы летних сезонных школ на базах детских оздоровительно-образовательных лагерей и клубов, а также занятий в «Школах юных исследователей» на базе академического научно-образовательного института, малых академий наук и т.п. могут быть оперативно нацелены на получение требуемого результата.

Образовательная среда научного учреждения – это среда взаимодействия Учёного и Ученика, место встречи «человека растущего» и «человека знающего», это мир культуры, открытости и диалога. Наука, с её обязательными процедурами: решением проблемной ситуации, проектированием и моделированием, выдвижением и защитой гипотез является тем образовательным пространством, которое соответствует характеру интеллектуальной и познавательной активности современного школьника.

Развитие познавательных потребностей и интересов детей во многом зависит от того, насколько ребёнок вовлекается в собственный, творческий, исследовательский поиск, в открытие новых знаний. Исследования влекут ребёнка к наблюдениям, к опытам над свойствами отдельных предметов, что в итоге даёт прочный фундамент фактов для построения здания знаний. Важно и то, что этот процесс наиболее полно отвечает потребностям активной детской натуры, он непременно окрашивается положительными эмоциями.

Привлечь в исследовательскую деятельность большой круг школьников, выявить и поддержать детей, имеющих склонность к

научному творчеству, позволяют летние смены детского оздоровительно-образовательного лагеря ИПФ РАН.

Знакомство с миром науки начинается для детей с экскурсий в научно-исследовательские институты г. Нижнего Новгорода: Институт прикладной физики РАН, Институт химии высокочистых веществ РАН, Институт металлоорганической химии РАН им. Г.А. Разуваева, музей науки ННГУ «Нижегородская радиолаборатория». Экскурсии – это один из эффективных путей активизации исследовательской активности школьников. Они позволяют изучать людей и объекты в их реальном окружении, в действии, дают материал для собственных наблюдений, анализа и осмысливания. Именно через личностное общение с носителем профессии формируется профессиональная ориентация школьников.

Овладеть специальными знаниями и общими навыками и умениями исследовательского поиска ребятам помогают специально организованные занятия, которые совместно с экспериментированием и самостоятельной исследовательской практикой детей составляют эффективную систему развития познавательной деятельности школьников. Эксперимент лежит в основе занятий по физике, химии, астрономии, журналистике. Для подготовки творческого исследовательского проекта проводятся ежедневные консультации по выбранному предмету. Результаты исследовательской практики ребята представляют на конференции «В мире знаний», которая проходит в конце смены.

Победители летних смен оздоровительно-образовательного лагеря ИПФ РАН получат возможность дальнейшего «образовательного странствия» в мире науки: участие в осенней образовательной туристической поездке и обучение в школе юного исследователя ИПФ РАН.

Профсоюзной организацией института учреждена Премия «Поиск» для победителей летних смен, которая представляет собой тревел-грант (поездка в какое-либо интересное, с точки зрения науки место).

За 5 лет реализации проекта была предоставлена возможность предпринять «образовательное путешествие» в: Президиум РАН в Москве, ядерный центр (ВНИИЭФ) г. Сарова, Центр управления полётом (ЦУП) и научно-производственное объединение «Энергия» г. Королёва, Государственный космический научно-производственный центр им. М. В. Хруничева, Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга (МГУ им. М. В. Ломоносова), Минералогиче-

ский музей им. А.Е. Ферсмана РАН, Дарвиновский музей в Москве, Кунсткамеру, Санкт-Петербургский государственный университет и Библиотеку Академии наук, научные институты Крыма. Новый регион, новые условия, новые знания – это расширение кругозора и рост внутреннего богатства ребёнка. Образовательный туризм как активная форма образовательного странствия в наше время возрождается на новых основаниях, организует социальное пространство науки в восприятии учащихся.

Ежегодно около 40 детей 6-11 классов – победителей летних смен Детского оздоровительно-образовательного лагеря ИПФ РАН по программе «В мире знаний» занимаются исследовательской работой под руководством специалистов института по направлениям физика, математика, астрономия, химия. Среди них учащиеся не только нижегородских школ, но и окружающих Нижний Новгород промышленных городов-спутников Кстово и Дзержинска.

Никто ещё не стал учёным «по учебникам», а только общаясь с учёными. Занятия в Школе юного исследователя в исследовательском институте дают ребятам возможность общаться и учиться у учёных Российской академии наук, знакомиться с современными направлениями научных исследований. Кроме занятий по предмету и консультаций, ребятам читается общий курс «История развития науки» и проводится психологический тренинг общих исследовательских способностей и навыков публичного выступления.

Ребята попадают в атмосферу научного поиска, пробуют себя в роли исследователей, становятся участниками конкурсов. Участники «Школы юного исследователя» являются финалистами и призёрами областных и Российских конкурсов и конференций:

- Городской конференции НОУ «Эврика»;
- Областного конкурса молодежных инновационных команд «РОСТ»
- Российских чтений-конкурса им. С.А. Каплана;
- Российского конкурса исследовательских работ «Юность. Наука. Культура»;
- Всероссийской конференции-конкурса исследовательских работ старшеклассников «Юниор» в рамках Международного научно-инженерного конкурса Intel International Science and Engineering Fair;
- Всероссийского конкурса исследовательских работ им. В.И. Вернадского;

- Международной научной конференции школьников «Колмогоровские чтения»;
- Международной научной конференции школьников «Сахаровские чтения».

Исследование дает возможность развить у учащихся важнейший инструмент оперативного освоения действительности – возможность осваивать не сумму готовых знаний, а методы освоения новых знаний в условиях стремительного увеличения совокупных знаний человечества.

В представленную работу активно вовлечены как опытные маститые ученые, доктора наук, члены академии, так и молодые перспективные научные сотрудники и аспиранты, в том числе победители академических конкурсов молодых ученых.

В.Ф. Вдовин, докт. физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник ИПФ РАН,
председатель Совета профсоюза работников РАН
А.И. Ермилин канд. пед. наук,
директор ДООЛ им. Н.С. Талалушкина ИПФ РАН

Проблемы организации исследовательской деятельности школьников



**Исторический опыт и современные проблемы
организации исследовательской деятельности школьников
в сфере дополнительного образования**

А.И. Ермилин
канд. пед. наук,
директор ДООЛ им. Н.С. Талалушкина ИПФ РАН

Е.В. Ермилина
зам. директора ДООЛ им. Н.С. Талалушкина по научно-методической работе

В инновационной педагогике нашего времени представлено несколько технологий обучения, способствующих развитию исследовательских потенциалов школьников: личностно-ориентированная, проблемного обучения, метод проектов и др. Авторы этих технологий понимают исследование как творческий процесс познания мира и себя, воспринимают процесс обучения как субъект-субъектное взаимодействие, сотрудничество более опытного человека с менее опытным.

Определяя понятие «деятельность», мы рассматриваем его как «созидание, обнаружение, проявление и определение субъекта» (С.Л. Рубинштейн). В соответствии с концепцией С.Л. Рубинштейна, деятельность всегда творчество, всегда совместное действие субъектов и взаимодействие субъекта с объектом, то есть она предметна и содержательна.

Исследовательская деятельность учащихся может быть на основе этой концепции определена как творческий процесс совместной деятельности двух (или более) субъектов по поиску решения неизвестного, в ходе которого осуществляется обмен культурными смыслами и ценностями, переживаниями и происходит переход возможного в действительное, потенциального — в реальное.

Известный психолог Дж. Брунер высказывал мысль о том, что умственная деятельность ученого и умственная деятельность ребенка, познающего новое, одинаковы по своей структуре. Школьник, изучающий физику, как отмечает Дж. Брунер, является физиком, и для него легче изучать науку, действуя подобно ученому-физику, чем получать знания в готовом виде. Особенностью исследовательской деятельности является фактор субъективного «открытия» нового знания, причем новое знание возникает на основе прежних знаний и опыта. Актуализация прежних знаний и умений становится непременным условием исследовательской деятельности (В.И. Андреев, А.Н. Леонтьев, И.А. Зимняя). Для ее успешного осуществления нужны следующие качества личности:

- мотивационные, характеризующие отношение личности к деятельности (уровень сформированности исследовательского интереса, желание и стремление добиться успеха);
- операционные, то есть умственные приемы и операции, позволяющие осуществить действия, умения применять технические средства исследовательской деятельности (практические умения экспериментирования);
- волевые (умение использовать приемы самоорганизации в деятельности);
- коммуникативные качества, позволяющие применять методы сотрудничества в процессе деятельности.

Исследовательская деятельность вводит учащихся в мир ценностей интеллектуального сообщества, занимающегося постижением нового. Формирование исследовательской мировоззренческой позиции может решить такие психологические проблемы личности, как неумение принимать разные точки зрения, страх показаться некомпетентным, нерешительность. Исследование дает возможность развить у учащихся важнейший инструмент оперативного восприятия действительности — освоение и присвоение методов приобретения новых знаний в условиях их стремительного роста.

Значение исследовательской деятельности можно рассмотреть с позиций ученика и учителя.

Исследовательская деятельность ученика:

- расширяет его кругозор и активизирует мыслительную деятельность, дает возможность осознанно получать знания и использовать их;
- формирует умения и навыки самостоятельной деятельности;
- дает шанс проявить способности, определиться в интересах, самоутвердиться;
- создает возможность сотрудничать с учителем, обсуждать и предлагать свою точку зрения.

Для учителя исследовательская деятельность:

- это возможность совершенствовать методику преподавания, найти технологии, позволяющие интересно, качественно и доступно строить учебный процесс;
- возможность творить и заинтересовывать тем, чем увлечен сам;
- моральное удовлетворение, неравнодущие к работе.

Современный подход к исследовательской деятельности школьников требует реализации ряда принципов:

- естественности (проблема должна быть реальной, а не умозрительной);
- самодеятельности (ребенок может овладеть ходом и методом исследования только через со-переживание, со-действие);
- осознанности всех этапов исследования (постановка задач, планирование хода исследования и выбор методов должны быть продуманы, а не случайны);
- наглядности (исследование не может ограничиться изучением книг, необходимо познание реального мира);
- культурообразности (исследовательская деятельность школьников должна опираться на традиции научного миропонимания, существующие в культуре).

Общий взгляд на названные требования к организации исследовательской деятельности может создать впечатление об их каноничности и всеобщем характере, между тем в современной образовательной ситуации они впервые осознаются как единые ценностные ориентиры личности и системы дополнительного образования.

В целом, соотнося новые задачи научного образования школьников с имеющимся опытом организации их научной деятельности, можно выделить две группы организационных проблем. Первая группа проблем определяется тенденцией современной науки к самоорганизации: «образуются банки знаний, способные взаимодействовать с программами, генерировать новое знание. Знание не только обезличивается, но и обесчеловечивается. ...Иногда создается впечатление, что современную науку делает великий «Никто» [1]. В научном образовании школьников эта тенденция вызвала трудности с научным руководством исследовательской деятельностью. Отрыв от живых, конкретных людей науки в 1990-е годы лишил исследовательскую деятельность школьников ее гуманитарной составляющей.

Вторая группа практических проблем исследовательской деятельности связана с поисками новых форм организации такой деятельности. В последние десятилетия научные объединения школьников всё чаще оказываются за пределами традиционного образования. Общеобразовательные школы, внешкольные образовательные учреждения уступают в активности и инновационности альтернативному образо-

ванию школьников, вузовским кафедрам, научно-исследовательским институтам, общественным организациям, СМИ, частным школам.

Серьезное осмысление этих проблем и педагогическая рефлексия их причин предполагают обращение к историческому опыту дополнительного образования детей и подростков в России.

История развития исследовательской деятельности школьников сопровождала становление в России системы дополнительного образования начиная с 1918 года, когда по инициативе профессора Б.В. Всесвятского в Москве, в Сокольниках, открылось первое государственное внешкольное детское учреждение — Станция юных любителей природы (с 1920 г. — Биостанция юных натуралистов им. К.А. Тимирязева). 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. Война и послевоенная разруха приостановили работу в этом направлении. Исследовательское движение школьников активно стало развиваться в 1950—60-е годы.

Обобщение опыта работы школьных научных обществ показало, что для юного исследователя важно иметь хорошего наставника. Почти все, что интересует школьника, можно взять из книг, но ничто не заменит постоянного общения с увлеченным человеком, который учит мыслить и постоянно анализировать ход, направленность развития своей деятельности.

Одним из показателей результативности занятий в научных обществах стал выбор сферы деятельности после окончания общеобразовательной школы.

В 1960—80-е год ежегодное проведение всероссийских олимпиад юных физиков, химиков, математиков, а также политехнических олимпиад способствовало росту количества кружков на базе школьных кабинетов физики, химии, математики и школьных мастерских. В школах постоянно проходили конференции научных обществ учащихся, выступления на которых сопровождались демонстрацией опытов, действующих приборов, моделей, динамических и электрифицированных схем и таблиц. Местные газеты 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 проходили на кафедре общей физики Нижегородского университета под руководством кандидата технических наук С.Б. Бирагова. Здесь были подготовлены такие работы, как «Получение голограмм», «Лазерная спектроскопия», «Модель гидроакустического локатора». Ежемесячно школьники издавали информационный бюллетень. Хорошей традицией в работе научных обществ стали летние сборы актива, в которых принимали участие ведущие специалисты местных вузов и НИИ.

Несмотря на то что к середине 1970-х годов в России уже действовали десятки школьных и городских научных обществ учащихся, среди специалистов не было единства в понимании их целей и задач. По инициативе Центральной станции юных техников России (директор И.И. Брагинский — один из организаторов малой академии наук «Искатель» в Крыму) 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. Второй Всероссийский слет актива научных обществ учащихся состоялся в июле 1979 года в г. Челябинске. К этому времени в стране работало около 3000 научных обществ. В разнообразной деятельности научных обществ учащихся условно выделяют следующие направления: поисковая, краеведческая деятельность; теоретическая исследовательская деятельность, экспериментально-исследовательская деятельность; конструктивно-продуктивная деятельность.

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.

В практике дополнительного образования сегодня существует много различных форм, позволяющих успешно готовить широко образованных людей, — это олимпиады, интеллектуальные турниры, конкурсы, выставки и т. д. Активными формами исследовательской деятельности являются занятия в различных научных объединениях учащихся при высших учебных заведениях и научно-исследовательских институтах и научные конференции школьников. Задачи научных объединений школьников разнообразны: содействие повышению престижа и популяризации научных знаний среди школьников; выявление одаренных школьников по различным предметам, разработка и реали-

зация индивидуальных программ развития одаренных детей; развитие познавательной активности и творческих способностей; содействие профессиональному самоопределению подростков и др.

В научных объединениях школьники учатся работать с научной литературой, отбирать, анализировать, систематизировать информацию, выявлять и формулировать исследовательские проблемы, проводить лабораторный и виртуальный исследовательский эксперимент, обрабатывать и анализировать полученные результаты, грамотно оформлять научную работу.

Рассматривая проблему результативности исследовательской работы школьников, можно выделить педагогический и научный результаты.

Исследовательская работа учащихся должна, на наш взгляд, сформировать готовность к научному творчеству, содействовать интеллектуальному и творческому развитию, развитию психосоциальной сферы. Таким образом, педагогический результат — это опыт исследовательского поведения, отличающий творческого человека от исполнителя.

Известный специалист в области исследовательского поведения детей А.Н. Поддъяков пришел к выводу, что на начальных стадиях исследовательского поиска вербализация проблемы вредна. Это утверждение верно, если рассматривать исследовательское поведение как одну из фундаментальных форм взаимодействия живых существ с реальным миром, как сущностную характеристику деятельности человека [2].

Научный результат — зафиксированный и оформленный вид исследовательской работы учащегося (реферат, проект, макет, модель и т. д.). Попытки сформулировать цель, задачи и гипотетически спроектировать итог, по мнению А.И. Савенкова, ограничивают сферу творческого поиска исследователя. «Вместо того, чтобы «пойти туда, не знаю куда, и попытаться найти то, не знаю что», начинающий исследователь должен ясно сказать, куда он идет, что ищет и самое удивительное — что он найдет!» [3]

Разрабатывая концепцию и программу вовлечения современной молодежи в научные исследования для системы дополнительного образования на базе научно-исследовательского института, мы предположили, что дополнительное образование обладает реальными и потенциальными возможностями для обогащения содержания образования детей, которое идет на двух уровнях. Первый предполагает допол-

нение школьной программы специальными знаниями, создание условий для развития социальной, творческой и научной компетентности. Второй — качественную перестройку познавательной деятельности в целом и реализацию стратегий индивидуализации, исследовательского обучения и проблематизации содержания обучения традиционным наукам. Можно выделить следующие возможности дополнительного образования для обогащения содержания образования детей.

Во-первых, оно знакомит их с разными областями научного знания, с предметными кружками, лабораториями, мастерскими, которые их могут заинтересовать. В результате расширяется круг интересов детей и формируются познавательные потребности.

Во-вторых, ориентирует на специальное развитие мышления ребенка. Условием успешной познавательной деятельности школьников является овладение ими специальными знаниями и общими навыками и умениями, необходимыми в исследовательском поиске. Специальные исследовательские знания — это специфические знания о проведении исследований и действии механизмов исследовательского поиска. Общие исследовательские умения и навыки — умение видеть проблемы, задавать вопросы, выдвигать гипотезы, давать определение понятиям, классифицировать, умения и навыки наблюдения, проведения экспериментов, структурирования материала, работы с текстом, умение доказывать и защищать свои идеи.

Третий вид обогащения содержания школьного обучения — самостоятельные исследования и решения творческих задач (индивидуально и в малых группах). Ребенок принимает участие в постановке проблемы, в выборе методов ее решения. Приобщение ребенка к творческой самостоятельной работе — важное условие не только обучения, но и воспитания.

Готовность современных школьников к научному творчеству определена не только их возрастными изменениями, имеющими закономерный характер, или содержанием школьных дисциплин. На данную готовность существенное влияние может оказывать научно-образовательное пространство исследовательского института и сообщество ученых. Накопленный опыт позволил нам выделить следующие формы организации дополнительного образования на базе НИИ: образовательные смены детского лагеря, образовательный туризм, научное общество учащихся, научная конференция школьников, олимпиада.

Институт прикладной физики РАН в течение нескольких лет успешно проводит городскую олимпиаду «Юные исследователи». В 2006 году стартовала конференция научно-исследовательских работ школьников «В мире знаний». Ее участниками являются учащиеся «Школы юного исследователя», работающей на базе института.

В школьных научных обществах, как правило, занимаются старшеклассники (9—11 класс). На наш взгляд, работа со школьниками должна иметь преемственный характер и начинаться с младшего школьного возраста, когда стремление к исследованию мира у детей наиболее сильно развито. Особенностью организации научного образования школьников в ИПФ РАН является привлечение к исследовательской деятельности учащихся среднего звена школы (6—8 класс). Другая особенность организации научного образования школьников — серьезная проработанность подготовительного периода «Школы юного исследователя», включающего не только отбор, но и подготовку школьников к исследовательской деятельности. Деятельность школы организуется в три этапа.

1. Отборочный этап — летняя школа (июнь — июль). Ежегодно участие в ней принимают около 200 школьников 6—10 классов. Задача данного этапа — привлечение к исследовательской деятельности большого круга школьников, выявление и поддержка детей, имеющих склонность к научному творчеству. Желание продолжить занятия в выбранной научной области после летнего лагеря высказывают большинство участников программы: 2004 год — 171 чел. (83 %), 2005-й — 138 чел. (85 %), 2006-й — 151 чел. (90 %), 2007 год — 156 чел. (89 %). Победители летних смен получают возможность дальнейшего «образовательного странствия» в мире науки: участие в осенней образовательной туристической поездке и обучение в «Школе юного исследователя» ИПФ РАН.

2. Основной этап — «Школа юного исследователя» (октябрь — март). В ней принимают участие школьники не только нижегородских школ, но и окружающих Нижний Новгород промышленных городов-спутников Кстова, Бора, Дзержинска, ставшие победителями отборочного тура. Задача данного этапа — овладение специальными знаниями и общими навыками и умениями исследовательского поиска. Кроме занятий по предмету и консультаций, ребятам читается общий курс «История развития науки» и проводится психологический тренинг общих исследовательских способностей и навыков публичного выступления.

3. Итоговый этап — конференция исследовательских работ школьников «В мире знаний» (апрель). Задача — профориентация школьников в сфере науки, консолидация усилий и обобщения опыта академических институтов и образовательных учреждений, создающих и развивающих инновационные формы научного творчества детей.

Для обсуждения итогов исследования в научном мире существует несколько форм: симпозиумы, конференции, семинары, публичные защиты и др. В практике подведения итогов исследований школьников наиболее распространенной формой является конференция.

Защита работы — один из этапов обучения юного исследователя. Конференции стимулируют школьников на активную и самостоятельную интеллектуальную деятельность, дают им возможность предъявить результат своей деятельности, испытать радость публикации и экспертизы своих идей и изысканий, что крайне важно для становления будущего ученого. Конференции способствуют развитию искусства ведения дискуссии, навыков публичного выступления.

По существу, научные конференции задают для школьников особое интеллектуальное пространство, в котором, прежде всего, ценится умение ставить самостоятельные интеллектуальные задачи, лично значимые для юного исследователя и для других, но позволяющие, тем не менее, получать интересные результаты. В этом пространстве ценится умение находить наиболее значимые и порой крайне редкие источники информации, кропотливо работать с ними в течение продолжительного времени, умение представить и защищать полученный результат. Отдельным пластом этого пространства, во многом еще не разработанным, является возможность интеллектуальной работы как в небольших исследовательских коллективах, так и в «больших проектах». Получаемые в такой деятельности навыки сотрудничества и кооперации признаны в мире как важнейшие навыки человека наступившего нового века.

Таким образом, научные конференции являются современной формой дополнительного образования, базирующейся на исследовательской деятельности. А поскольку не существует стабильных периодических изданий, в которых школьники могли бы опубликовать результаты своих исследований, конференции — единственная форма существования научного сообщества школьников.

Общими задачами научных конференций школьников являются:

- эффективное взаимодействие высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов со средними учебными заведениями, привлечение к работе со школьниками ученых, творческой интеллигенции, специалистов научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений; привлечение учащихся к научно-исследовательской работе, формирование готовности к научному творчеству;
- выявление и отбор детей, имеющих склонность к научному творчеству, профессиональная ориентация школьников в сфере науки.

В последнее время с введением единого государственного экзамена приоритет всё более отдается предметным олимпиадам. Сравнивая исследовательскую конференцию с предметными олимпиадами, можно заметить, что они не конкурируют, а обогащают друг друга в единой системе дополнительного образования.

Олимпиады — сложившаяся форма дополнительного образования, обеспечивающая как высокий уровень заданий, которые выполняют школьники, так и объективность оценки представленных ими результатов. Вместе с тем в деятельности школьника на олимпиаде отсутствуют такие существенные элементы, как самостоятельная постановка задачи, эксперимент, работа с большими объемами литературы, работа в группе и в диалоге с научным руководителем, ведение дискуссий, непосредственный контакт с живыми носителями научной культуры и т. д.

Вследствие индивидуально-личностных особенностей (отсутствие мотивации достижения, невысокий темп мышления и т. д.) не все школьники могут достаточно полно проявить в олимпиадных формах свои способности. Известный специалист по исследованию детской одаренности Н.С. Лейтес [4] выделял три группы способностей детей: учащиеся с ранним развитием интеллекта, дети с ярким проявлением способностей к отдельным школьным наукам и видам деятельности (в том числе и внешкольной), дети с потенциальными признаками одаренности. Дети, способности которых можно отнести к третьей группе, не идут впереди сверстников по общему развитию, но их отличает своеобразие умственной работы, которое заключается в оригинальности и самостоятельности суждений, в парадоксальности мышления. Такие дети, как правило, проявляют себя в исследовательской работе, где на первый план выходит творчество и самостоятельность, но не

могут наряду с двумя другими категориями одаренных детей также успешно проявить себя на предметных олимпиадах.

В формировании готовности учащихся к научной деятельности влияние олимпиад значительно слабее, чем научных обществ и научных конференций школьников. Олимпиады, уделяя основное внимание глубине знаний по предмету, лишь частично формируют когнитивный и рефлексивный компоненты готовности к научному творчеству, в то время как научные конференции позволяют активизировать все вышеперечисленные компоненты в полном объеме, побуждая школьника к собственной активности и обозначая дальнейшие перспективы развития. Конечно, сделать в школьном возрасте что-либо достаточно значимое в научном направлении — редкий удел особо одаренных. Конференция дает возможность осуществить свою первую самостоятельную исследовательскую деятельность, пройдя ее основные этапы, но именно это, на наш взгляд, позволяет формировать будущего ученого со школьной парты.

С каждым годом растет количество ребят, участвующих в конференции, расширяется тематика секций, улучшается качество докладов. Это позволяет говорить об актуальности, о восстановлении престижа интеллектуальных профессий в обществе. Основной результат — развитие творческих способностей, приобретение детьми новых знаний, умений, навыков исследовательской работы и обработки полученного материала. Бесценный в воспитательном отношении результат представляет собой опыт самостоятельной творческой, исследовательской работы.

Литература

1. Кутырев, В.А. Естественное и искусственное: борьба миров / В.А. Кутырев. — Н. Новгород : Изд-во «Нижний Новгород», 1994. — 200 с. — С. 21.
2. Большой психологический словарь. — М., 2003. — С. 213.
3. Савенков, А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению / А.И. Савенков. — М. : «Ось-89», 2006. — 480 с. — С. 232.
4. Лейтес, Н.С. Психология одаренности детей и подростков : учебное пособие для студентов высших и средних педагогических учебных заведений / Н.С. Лейтес.— Изд. 2-е, перераб., доп. — М. : ACADEMA, 2000. — 332 с.

Школьники-исследователи: от «простых опытов» к современным технологиям

А.Ф. Беленов

канд. физ.-мат. наук, доцент НИРО, педагог ШЮИ ИПФ РАН

Ю.В. Зайцев

педагог ШЮИ ИПФ РАН

Введение

В настоящее время школьники активно используют достижения научноемких технологий — компьютеры, цифровые фотоаппараты, мобильные телефоны. Список можно продолжить, но обращает на себя внимание падение интереса учащихся к научным исследованиям, даже на уровне простого любопытства. Все реже и реже задаются вопросы типа: «Почему небо голубое?», «Как вырабатывается электричество в батарейке?», «Почему на оптическом диске можно увидеть радугу?». Возникает ощущение некоторого «соотношения неопределенностей» между стремительным освоением нажатия кнопок и уменьшением доли самостоятельного анализа наблюдаемых явлений с использованием современных технических средств. Современный образовательный процесс катастрофически отстает от расширяющихся технологических горизонтов. Несомненно, обучение детей основам компьютерной грамотности и работы в офисных, графических и других пакетах очень важно, но получается, что информатика рассматривается как самостоятельный предмет, посвященный именно освоению готовых инструментов как таковых и не связанный или слабо связанный с физикой и математикой. Тем не менее именно в этих областях владение современными возможностями моделирования и эксперимента позволяет сформировать совершенно новый способ мышления, оптимизировать процесс обучения и направить большую часть усилий на генерацию идей, усвоение основных эффектов и закономерностей, аналитическую обработку результатов, а не на технический способ их достижения.

В данной статье авторы попытались показать возможности привлечения учащихся к научному поиску в двух направлениях:

- привлечение к современным технологиям физического эксперимента;
- самостоятельное воспроизведение учащимися решающих экспериментов в истории естествознания.

Самостоятельное конструирование батареи Вольта: поиски и решения

Шестиклассник Саша Раксин, познакомившись с историей создания первой гальванической батарейки, попытался воспроизвести эксперименты А. Вольта с использованием подручных средств — монет из разных металлов и прокладок, смоченных в соляном растворе. В начале были разочарования: даже один элемент при слабом токе не давал стабильного напряжения. Соединение элементов в батарею привело к более удручающим результатам — напряжение не росло с ростом числа элементов. После анализа возможных причин неудач рукотворная батарейка была модернизирована: произведена полировка контактных поверхностей и замена материала электролитических прокладок. Результат получился более оптимистичный — напряжение на отдельном элементе при слабом токе было стабильно в течение 10 часов, а с увеличением числа элементов наблюдался устойчивый рост напряжения. И все же остались открытые вопросы: величина напряжения на батарее из пяти элементов оказалась невелика — чуть больше 0,5 В! Саша по рекомендации научного руководителя (А.Ф. Беленова) познакомился с батареей, изготовленной нашим соотечественником В.В. Петровым для создания дугового разряда. В.В. Петров предложил техническое решение проблемы утечки электролита. В настоящее время А. Раксин работает над вопросом реализации идей Петрова.

В процессе поисков и решений А. Раксин попытался на качественном уровне разобраться в явлениях, происходящих в вольтовом столбе. Конечно, базовых знаний у шестиклассника по данной теме нет, но сама по себе практическая деятельность школьника, описанная выше, будет хорошим побудительным мотивом для изучения физико-химических процессов при контактных явлениях.

Компьютерные технологии в руках школьника-исследователя: новые возможности исследования дифракции

В качестве исследуемого явления была выбрана дифракция Френеля на крае бесконечной полуплоскости. Несомненно, детальный количественный анализ этого феномена далеко выходит за рамки школьного курса физики, однако само явление весьма наглядно. Первым этапом работы ученицы 7 класса Шалаевой Полины было ознакомление с основами волновой оптики и способами описания дифракции на бесконечной полуплоскости. Далее была рассмотрена и подвергнута анализу классическая установка по наблюдению феномена, состоящая из расположенных на оптической скамье источника света (лампы нака-

ливания, нужная длина волны выделяется затем светофильтром), который будет подсвечивать щель, края полуплоскости (бритва) и микроскопа с микрометрическим лимбом.

Было выяснено, что самую большую погрешность в измерения вносят два элемента — немонокроматический источник света, приводящий к размыванию картины, и сам экспериментатор. Дело в том, что хотя микрометр является очень точным прибором, установка визира на дифракционный максимум интенсивности делается на глаз экспериментатором, а в таком случае погрешность на порядки превышает заявленную погрешность аппарата. То есть измерение координат максимумов проводилось с большой погрешностью, а количественные отношения интенсивностей вообще нельзя было определить. Поэтому было принято решение модернизировать установку. Источник света был заменен на светодиод, с которым по узкополосности излучения не сможет конкурировать ни один школьный светофильтр, а за микроскопом был установлен бытовой цифровой фотоаппарат. Дифракционная картина регистрировалась фотоаппаратом, а фотографии впоследствии можно было раскодировать и проанализировать.

С использованием готовых библиотек Delphi для работы с изображениями была написана программа, позволяющая переводить изображения в таблицы зависимостей интенсивности от координаты, одновременно усредняя данные эксперимента. Такое решение позволило сконцентрироваться на самом алгоритме обработки фотографий и улучшения соотношения «сигнал — шум», не вдаваясь в технические подробности реализации алгоритма сжатия изображений и специфику написания таких программ под конкретную операционную систему.

Полученные результаты были представлены в графической форме и проанализированы. По ним удалось с точностью, в десятки раз превышающей точность измерений на традиционной установке, определить длины волн источников и проверить соотношения между интенсивностями максимумов, что раньше было невозможным.

По результатам работы можно сделать вывод, что выдвигаемые тезисы нашли подтверждение: действительно, современные методы компьютерной обработки вносят большую наглядность в эксперименты, а за счет этого доступными пониманию на начальном уровне становятся явления, описание которых традиционно выходит за рамки школьного курса физики. С другой стороны, раннее знакомство с такими явлениями способствует развитию физической интуиции, а полученный опыт и общие принципы затем могут быть применены для анализа других явлений.

Исследовательский метод познания в организации учебной деятельности учащихся

Т.Л. Пархоменко
учитель физики МОУ СОШ № 187, педагог ШЮИ ИПФ РАН

Мыслители говорят: яйцо соловья несет в эмбрионе певца, но песнь зазвучит после действия жизни. В каждом ребенке образ творца, но нужен творцу соработник, который проявит этот образ. Ребенок не в состоянии выявить и раскрыть свой образ. Нужны соратники творца — родители, учителя, воспитатели.

Ш. А. Амонашвили

Долгое время считалось, что в содержание школьного образования входит совокупность фундаментальных понятий, законов, теорий, формирующих мировоззрение учащихся, развитие мышления, которое позволяет школьнику быть компетентным в различных сферах человеческой деятельности. Однако проблемы формирования интереса к учебе, компетентностей для жизни в современном обществе, личностной направленности обучения, организация рефлексии были и остаются одними из главных проблем улучшения качества образования. В работах В.Г. Разумовского, В.А. Орлова и многих других теоретиков и практиков педагогической науки указывается на то, что данная проблема может быть успешно решена на основе развития познавательной самостоятельной активности учащихся, которая обеспечит условия для формирования в ученике свободной критически мыслящей творческой личности, способной осознать и развивать свои задатки и склонности.

Одним из самых действенных путей решения данной задачи является внедрение в систему как общего, так и дополнительного образования методов исследовательской деятельности.

Учебно-исследовательская деятельность вариативна и многогранна, она может быть применена к учащимся разного уровня подготовки и разной мотивации к обучению, в различных предметных областях, в разных уровнях и типах образовательных учреждений, соединив их усилия в построении образовательного пространства для развития личности.

В настоящее время трудами многих ученых и практикующих учителей формируется концепция учебно-исследовательской деятельности учащихся. Постепенно выстраиваются единые методологические основания и социокультурные нормы учебно-исследовательской деятельности. Продолжает оставаться актуальным вопрос: можно ли применять такие формы работы с учащимися только во внеурочной деятельности? Если считать возможным их применение на уроках, то в каких формах, как организовать рефлексию учащихся, обеспечить решение триединой задачи урока на новой методологической основе?

Почему так важно развивать в ребенке исследователя? Что же происходит с ребенком при выполнении учебного исследования? Речь здесь идет о становлении фундаментальных свойств личности. Ребенку, когда он стоит на пороге неизведанного, все интересно, он позитивно реагирует на новые, необычные, странные или загадочные элементы окружающего мира, двигаясь им навстречу, исследуя их, производя над ними какие-то действия. Как видим, ничто не мешает учителю применить элементы данной методики на этапе объяснения нового материала. Нельзя только вкладывать в голову ребенка определенную сумму знаний. Знания, добытые методом исследовательского поиска, более долговечны, они «выстраданы» учащимся. Меняется при этом и роль учителя. Он уже не играет роль простого передатчика знаний, пусть даже и переданных «в очень красивой обертке», он направляет деятельность учащегося, помогает ему в его «знаниеобразующей» деятельности.

Школа должна осознавать необходимость целостной образовательной концепции по отношению к личности учащегося, единство целей и задач. Нужна целостная система, платформа, на которой будет выстроен образовательный процесс школы. Введение исследовательской деятельности учащихся как единой концептуальной платформы дает возможность построения индивидуальной образовательной траектории для каждого ребенка и облегчает изменение ее направления при смене образовательных приоритетов и мотиваций, является фундаментом для самоопределения личности, предпрофильной и профильной подготовки.

Организация образовательного процесса на основе исследовательской деятельности включает в себя прежде всего урок и все его этапы: объяснение нового материала, повторение, закрепление, фронтальный, демонстрационный и лабораторный эксперимент, а также и внеурочную деятельность: подготовку демонстраций самостоятельно постав-

ленных экспериментов на уроках, участие в олимпиадах, подготовку и проведение вечеров физических опытов, участие в астрономических наблюдениях, работу с оптическими приборами, работу в роли консультантов своих одноклассников на лабораторных занятиях, участие в постановках театра занимательной науки, элективные курсы, группы дополнительного образования, экскурсии, исследовательский проект; походы или экспедиции, конференции или конкурсы разного уровня.

Такого рода деятельность меняет и личностные характеристики ребенка: формируется адекватная самооценка, воспитывается стремление к кооперации при сохранении собственной позиции и умения доказательно отстаивать ее.

Созданная на основе исследовательской деятельности образовательная среда стимулирует ребенка к творческому поиску, а участие в исследовательских конференциях и экспедициях, знакомство с исследовательскими работами сверстников во время защиты индивидуальных исследовательских работ способствует формированию широкого круга интересов, стимулирует желание попробовать свои силы в различных областях знаний.

Базовыми элементами построения исследовательского обучения являются, во-первых, собственная исследовательская практика (каждый ребенок должен иметь возможность проводить собственные исследования в рамках урока и за его пределами), во-вторых, тренинг исследовательских способностей (отдельная система занятий, развивающая исследовательские навыки и способности, позволяющая освоить основной понятийный аппарат исследования), в-третьих, мониторинг исследовательской деятельности учащихся (на уроках — заполнение опросных листов, по итогам выполнения исследовательских работ — защита собственных работ учащихся в различных формах).

Для реализации поставленных задач был подготовлен курс «Экспериментальная физика», который включает в себя программу, поурочное планирование, комплект приборов, требования, предъявляемые к учащемуся, перечень необходимого оборудования, литературу для ученика и учителя, методические рекомендации, банк творческих заданий с комментариями по их реализации, задачник по физике, включающий краткий справочник, качественные, расчетные, экспериментальные задачи, тесты.

Данный УМК прошел сертификацию в НИРО и на уровне области в 2007 году. По данной программе в ходе работы «Летней школы юного исследователя» ИПФ РАН прошел обучение 51 учащийся из школ

пяти районов города. Хочется привести неоспоримые свидетельства интереса учащихся к такой деятельности — их отзывы о вечере физических опытов.

Когда я шла на вечер опытов, я не знала, что соберется так много людей, человек 50—60, причем разных возрастов, с 7 по 11 класс. Больше всего мне запомнились опыты с разноцветными пластинами, с распространением света в аквариуме, полное внутреннее отражение. Мне кажется, такие вечера стоит проводить чаще, так как они не только являются познавательными, но и собирают учеников вместе, причем не по принуждению, а добровольно. Такие вечера — яркие воспоминания, которые останутся надолго в памяти.

Ерофеева Таня

Все это запомнится не на две-три недели, а на всю жизнь.

Балакин Родион

Я нисколько не пожалела, что сходила на вечер опытов по физике. Было здорово! Мне вообще всегда нравились уроки, на которых показывались опыты. Интересно, когда на твоих глазах опытным путем доказываются какие-то явления или законы. Больше всего мне запомнилось и удивило, что все опыты были очень зрелищными, яркими. Побольше бы таких вечеров.

Глухова Маша

Мне очень понравился опыт с колбой, слегка подкрашенная вода в которой при подсвечивании становится непрозрачной. То же самое происходит каждый день на небе, когда восходит Солнце: атмосфера подсвечивается и становится матово-голубой, закрывая от нас звезды. Раньше я не задумывалась об этом. Очень понравился опыт «Огни святого Эльма». Я думаю, такие опыты надо проводить чаще, и не только по физике, но и по другим предметам. Наверное, именно в такие моменты у будущих великих ученых пробуждался первый интерес к науке. Может, и среди наших учеников есть потенциальные Эйнштейны, Поповы и Ньютоны? И через много лет они будут вспоминать, как впервые заинтересовались физикой на вечере экспериментов.

Пустовалова Аня

Физика



Измерение электроемкости конденсатора

*Ахмеджанов Дмитрий Ринатович
7 класс*

Научный руководитель Л.Б. Лозовская, канд. пед. наук



Конденсаторы имеют важное свойство: могут накапливать энергию более или менее длительное время, а при разрядке через цепь малого сопротивления отдают энергию почти мгновенно, а также не пропускают постоянный электрический ток. Они применяются в лампе-вспышке в фотографии, во вспышке газоразрядной трубки при возбуждении лазеров, в колебательном контуре при настройке на определенную частоту, в клавиатуре компьютеров, в выпрямителях и т. д. [1, 2].

Основной характеристикой конденсатора является электроемкость, которая должна быть учтена при его использовании. В повседневной практике радиолюбители сталкиваются с необходимостью измерения емкости конденсаторов, особенно электролитических, так как из-за высыхания электролита она со временем снижается. Кроме того, электролитические конденсаторы имеют большие допуски по емкости. Соответственно измерение электроемкости конденсатора является актуальной проблемой.

Существует множество приборов, способных определять электроемкость конденсаторов, а также методов, позволяющих измерять ее как в лабораторных, так и в обычных условиях. Метод определения электроемкости по кривой разряда конденсатора дает возможность проведения опыта и измерения емкости конденсаторов в обычных условиях.

Именно это привлекло меня в данной теме. Я поставил себе цель изучить электроемкость как основную характеристику конденсатора. Мне пришлось решить интересные задачи:

- изучить конденсаторы, их устройство, назначение, типы;
- измерить электроемкость конденсатора по кривой разряда;
- измерить электроемкость последовательного и параллельного соединения конденсаторов.

Суть метода измерения электроемкости по кривой разряда состоит в следующем. Снимается зависимость тока разряда конденсатора от времени в цепи, собранной по схеме (рис. 1).

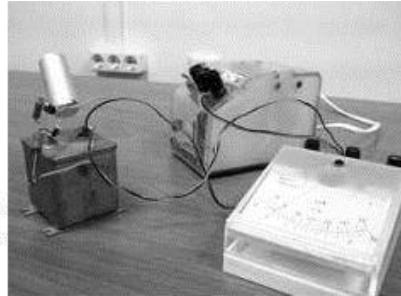
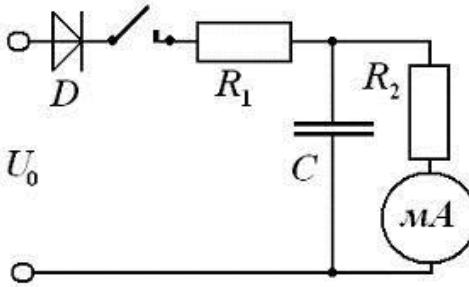


Рис. 1. Схема эксперимента

В данной схеме резистор R_2 определяет ток разрядки конденсатора после размыкания ключа, а резистор R_1 ограничивает начальный ток зарядки конденсатора, причем желательно выбрать $R_2 \ll R_1$.

Электрический ток меняется со временем по экспоненциальному закону. Характерное время разряда определяется сопротивлением R разрядной цепи и емкостью C конденсатора

$$I(t) = I_0 \cdot \exp\left(-\frac{t}{RC}\right). \quad (1)$$

В работе [3] предлагается способ математических преобразований выражения (1), упрощающий его последующий анализ, и графический метод представления зависимости (1) в полулогарифмическом масштабе, когда по оси абсцисс откладывается время t , а по оси ординат $\ln(I(t) / I_1)$. Дадим свою интерпретацию предложенного в пособии [3] способа.

Рассмотрим, в какой момент времени τ^* ток разряда конденсатора будет равен $I_1 = 1$ (в тех же единицах измерения, что и ток I_0 , например в миллиамперах). Это время можно определить по пересечению оси времени графика зависимости логарифма тока разряда от времени. Таким образом, получим

$$\ln \frac{I}{I_0} \Big|_{I=1} = -\frac{\tau^*}{RC} \quad \text{è è è} \quad \ln I_0 = \frac{\tau^*}{RC}. \quad (2)$$

Из равенств (2) выражаем значение емкости конденсатора по формуле:

$$C = \frac{\tau^*}{R \cdot \ln I_0}, \quad (3)$$

где I_0 — ток разряда конденсатора в начальный момент времени

($t_0 = 0$), а единицы измерения тока не имеют значения, поскольку они определяют наклон графика $\ln(I(t) / I_1)$; в данной схеме $R = R_2$. Поскольку конденсатор в начальный момент времени заряжен до напряжения источника питания, значение начального тока разряда I_0 можно с хорошей точностью определить теоретически на основе электрической схемы (рис. 1), если пренебречь сопротивлением миллиамперметра, или экспериментально — измерить ток, протекающий от источника через резистор R_2 при замкнутом накоротко резисторе R_1 . Вообще говоря, при $R_2 \ll R_1$, что имеет место в нашей схеме измерений, значение тока I_0 можно оценить по величине протекающего через миллиамперметр тока после окончания зарядки конденсатора.

Экспериментальная часть работы состояла в том, что с помощью секундомера регистрировались значения времени, соответствующие равным интервалам изменения (через 5 мА) тока разрядки исследуемого конденсатора в электрической цепи, собранной по схеме, показанной на рис. 1. Экспериментальные данные обрабатывались в электронных таблицах Excel. Цель обработки данных состоит в определении момента времени, когда ток разряда конденсатора будет равен I_1 , путем экстраполяции экспериментально измеренной зависимости. Следует отметить, что экспериментально измерить время t^* по кривой разряда весьма затруднительно, поскольку величина тока I_1 существенно меньше цены деления прибора, а изменение показаний миллиамперметра при таком токе разрядки происходит очень медленно. Кроме того, на точность прямого измерения существенную роль будет оказывать неконтролируемый ток утечки электролитического конденсатора.

В электронных таблицах Excel по значениям тока разряда конденсатора от времени вычисляем зависимость $\ln(I(t) / I_1)$, аппроксимируем ее прямой линией и получаем формулу (приведена на графике рис. 2), по которой и определяем значение t^* , необходимое для расчета значения электроемкости конденсатора на основе выражения (3).

В работе измерены электроемкости двух конденсаторов с номинальной емкостью 200 мкФ и 1000 мкФ, причем экспериментально измеренные электроемкости соответствуют номинальным в пределах погрешности (20 %).

Такой метод применим для разных комбинаций конденсаторов, то есть способов их соединения [4, 5]. В работе исследовано два способа соединения: последовательное и параллельное. Между ними есть принципиальное различие. При параллельном соединении электроемкости складываются, а при последовательном складываются обратные

величины электроемкостей, поэтому суммарная емкость равна отношению произведения этих электроемкостей к их сумме:

$$C_{\text{общ}} = C_1 + \tilde{C}_2; \quad \tilde{C}_{\text{также}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}.$$

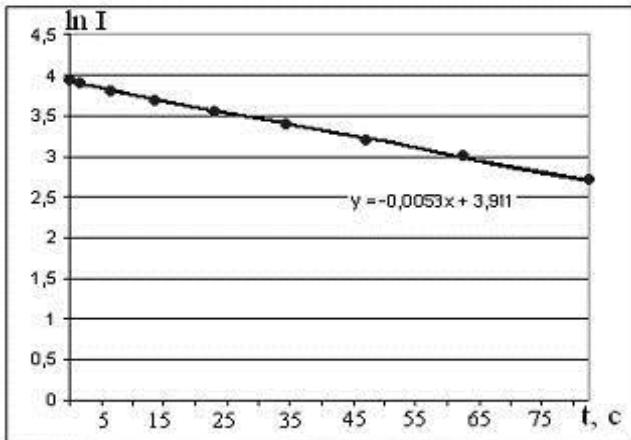


Рис. 2. Зависимость логарифма тока разряда конденсатора от времени

Описанным выше методом были измерены электроемкости соединений конденсаторов (200 мкФ и 1000 мкФ). Экспериментально измеренная электроемкость соответствует расчетной.

Таким образом, цель работы — изучение электроемкости как основной характеристики конденсатора — была выполнена. Экспериментальные измерения в целом соответствуют теоретическим значениям электроемкости. Мне было очень интересно изучать электрические явления на примере одного из важнейших элементов электронных схем — конденсаторов.

Литература

1. Мякишев, Г.Я. Физика-10 / Г.Я. Мякишев. — М. : Просвещение, 2004.
2. Энциклопедический словарь юного физика / Сост. В.А. Чуянов. — М. : Педагогика-Пресс, 1995.
3. Громыко, Г.Г. Демонстрационные опыты по физике / Г.Г. Громыко, А.А. Червова. — Н. Новгород : ВГИПА, 2004.
4. Касьянов, В.А. Физика-10 / В.А. Касьянов. — М. : Дрофа, 2002.
5. Конденсаторы. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.

Явление осмоса

Бумблите Мария

6 класс

Научный руководитель Л.Б. Лозовская, канд. пед.
наук



В 1748 году французский физик-экспериментатор Ж.А. Нолле открыл явление, при котором наблюдается одностороннее проникновение растворителя через полупроницаемую перегородку, отделяющую раствор от чистого растворителя, — осмос. Работы Нолле положили начало исследованию этого удивительного процесса: многие учёные — ботаники, химики, физики — стали ставить опыты и изучать явление осмоса [2]. В наши дни осмос с успехом заставили работать в самых разных областях науки, техники, биологии, медицины [1—3, 5].

Оsmos играет большую роль в жизнедеятельности животных и растительных организмов и лежит в основе обмена веществ всех живых организмов. Благодаря ему в каждую живую клетку поступают питательные вещества и выводятся шлаки. С помощью осмоса конструируют фильтры, очищают газы и нефтепродукты, опресняют морскую воду, обрабатывают молоко и фруктовые соки, производят лекарства и многое другое. Одно из самых первых и, возможно, самых важных применений мембран связано с медициной — полупроницаемая перегородка служит для очистки крови у больных в аппарате «искусственная почка» [3]. Соответственно, изучение осмоса является актуальным и практически значимым. Цель работы — изучение осмоса, его физической сути. Учебные задачи: теоретическое изучение осмоса; объяснение причины возникновения осмоса на основе молекулярной теории; постановка опытов для наблюдения осмоса с использованием различных мембран; экспериментальное изучение зависимости подъёма жидкости от температуры; измерение осмотического давления.

Явление осмоса наблюдается, когда два раствора с разными концентрациями разделены полупроницаемой мембраной и подвижность растворителя больше подвижности растворенных веществ.

Полупроницаемой называют мембранны, которая имеет достаточно высокую проницаемость не для всех, а лишь для некоторых веществ, в частности для растворителя. Такая мембрана пропускает молекулы и ионы определенного размера, но служит барьером для веществ с молекулами большого размера [3].

Если по разные стороны полупроницаемой мембранны находятся солесодержащие растворы с разной концентрацией, то молекулы воды будут перемещаться через мембрану из менее концентрированного раствора в более концентрированный, вызывая в последнем повышение уровня жидкости. Из-за явления осмоса процесс проникновения воды через мембрану наблюдается даже в том случае, когда оба раствора находятся под одинаковым внешним давлением.

Прибор для наблюдения осмоса (рис. 1) состоит из широкого стеклянного сосуда, толстой трубы, пробки, тонкой трубы [2].

В банку с чистой водой опущена широкая стеклянная трубка, затянутая снизу пленкой. Пленка закреплена так, чтобы вода не затекала внутрь трубы (герметизацию можно осуществить с помощью липкой ленты, резинового колечка). Сверху в толстую трубку через резиновую пробку входит тонкая стеклянная трубка. Для проведения эксперимента в банку налили чистую воду, а в трубку — раствор сахара. В трубы наливают раствор до тех пор, пока уровни жидкостей в трубках и в банке не станут одинаковыми.

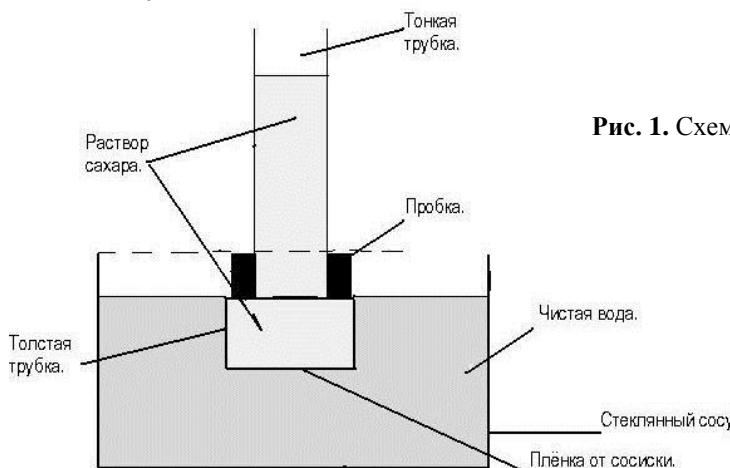


Рис. 1. Схема опыта

Через некоторое время можно заметить, что высота столба раствора увеличится. Эксперимент по наблюдению осмоса проводился при различных мембранах. В статье [2] рекомендуется взять в качестве мембраны целлофан, однако наш опыт с целлофановой пленкой не удался. Явление осмоса мы наблюдали, если в качестве мембраны брали пергаментную бумагу, оберточную конфетную бумагу, пленку

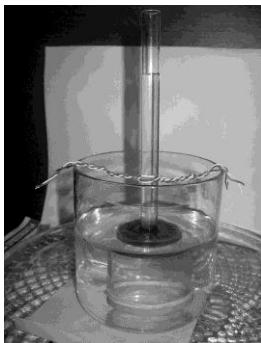
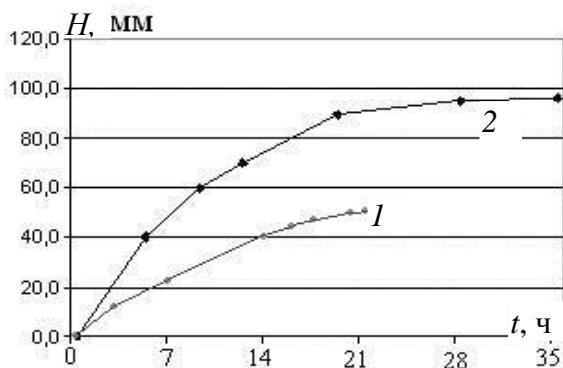


Рис. 2. Результат опыта

от сосисок. Лучший результат по критерию максимального подъема жидкости в тонкой трубке (при одинаковом времени проведения экспериментов с различными пленками — 24 часа) наблюдался при использовании пленки от сосисок (рис. 2).

В работе исследовано явление осмоса в зависимости от температуры. Через определенные промежутки времени в течение суток замерялась высота подъема воды при комнатной и повышенной температуре. Результаты представлены на рисунке 3. Видно, что при повышенной температуре осмос происходит более интенсивно, высота столба жидкости за то же время больше.

Рис. 3. Высота подъема жидкости с течением времени: 1 — при комнатной температуре, 2 — при повышенной температуре



Нами рассчитано осмотическое давление — избыточное давление, которое нужно приложить со стороны раствора, чтобы осмос прекратился [4]. Оно рассчитывалось по формуле: $P = \rho g H$, $P \approx 1000$ Па при $H = 10$ см.

Таким образом, в своей работе мы исследовали явление осмоса с различными пленочными мембранами при различных температурах измерили осмотическое давление.

Литература

1. Бергельсон, Л.Д. Мембранны молекулы, клетки. — М. : Наука, 1982.
2. Боровой, А.А. Осмос // Квант. 1985. № 11.
3. Осмос. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.
4. Паравян, Н. Осмос и вечный двигатель // Квант. 1995. № 5.
5. Смирнов, Н.Н. Волшебные фильтры / Н.Н. Смирнов. — Л. : Знание, 1984.



Визуализация звуковых колебаний

Глявина Мария Михайловна

7 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко

Звук и свет — две характеристики, передающие информацию. Мы воспринимаем их через органы чувств: звук — колебания мембранны, свет — попадание фотона, вызывающего реакцию, передающуюся в головной мозг-анализатор. Они имеют волновую природу: звук — механическая волна, а свет — электромагнитная. Видимое изображение можно сфотографировать, снять на видео и проанализировать. Можно ли увидеть звук? Мы попытались получить на экране осциллограммы колебаний камертони. Для реализации цели исследования был изготовлен «механический осциллограф». Он состоял из лазерной указки, камертони, зеркального барабана и экрана. Зеркальный барабан изготовлен из восьми зеркал размером 12×65 мм, закрепленных на деревянном основании в виде восьмигранника. Восьмигранник крепился на оси и мог вращаться вокруг нее. Вся установка, кроме камертони, размещена в деревянном ящике, чтобы исключить взаимные перемещения ее деталей. Используемый в опыте камертон можно заменять камертоном другой частоты. Вращение восьмигранника приводит к тому, что падающий на него луч отклоняется, и пятно от лазерной указки, которое получается на экране, превращается в горизонтальную полоску. Зеркальный барабан должен быть установлен перпендикулярно плоскости распространения луча, в противном случае на экране возникает не одна полоска, а две, и проведение дальнейших экспериментов становится невозможным. Смещение луча по вертикали зависит от амплитуды колебаний, от силы удара молоточком по усам камертони. Смещение луча по горизонтали связано с вращением зеркального барабана, зависит от количества оборотов, совершаемых барабаном за единицу времени, и имеет следующий вид (рис. 1).

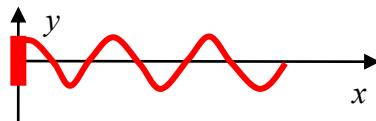


Рис. 1. Схема смещения лазерного луча

Частота вращения рукоятки измерялась как количество оборотов в единицу времени. За один оборот рукоятки зеркальный барабан совершают 9 оборотов, то есть его частота вращения в 9 раз больше. Камертон с укрепленным на нем зеркалом имеет частоту колебаний на пороге слышимости 20 Гц, данная характеристика указана в описании камертона.

Получающиеся осциллограммы при разных частотах вращения были записаны на цифровую видеокамеру, обработаны программой Photoshop для получения отдельных снимков, которые затем исследовались на предмет ширины развертки при заданном числе оборотов зеркального барабана.

Для определения угловой скорости барабана применялся датчик угла поворота лабораторного комплекта L-микро. Он представляет собой два цилиндра, один из которых вращается относительно другого. Подвижный барабан имеет стержень, который входит во втулку передаточного механизма, а неподвижный цилиндр соединен с компьютерным измерительным блоком, который измеряет угол поворота, то есть изменение взаимного расположения этих двух цилиндров.

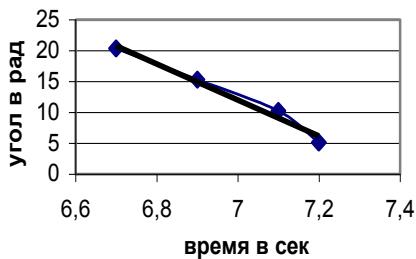
Результаты измерений угла в различные моменты времени выводятся на экран компьютера. Зависимость угла поворота от времени обрабатывается с помощью программы Excel, как это показано на рисунке 2. Для анализа результатов были построены графики зависимости смещения луча по горизонтали от угловой скорости вращения зеркального барабана.

На рисунке 3 представлен график зависимости величины развертки в миллиметрах от частоты вращения в оборотах в секунду. Отклонения графика от расчетного вызваны неравномерностью вращения барабана.

В результате проделанной работы получен зеркальный механический осциллограф, с помощью которого можно наблюдать и исследовать колебания камертона.



Рис. 2а. Зависимость угла поворота зеркального барабана от времени



Угол, рад	1167	876	585	4
Угол, рад	20,36	15,29	10,21	5,13
Время, с	6,7	6,9	7,1	7,2

$$w = 15,23 \text{ рад/0,5 с} = 30,46 \text{ рад/с} = 4,85 \text{ об/с}$$

Рис. 26. Зависимость угла поворота зеркального барабана от времени

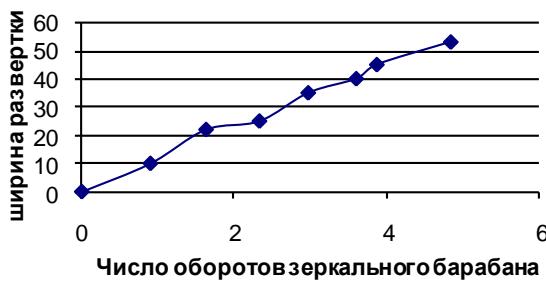


Рис. 3. Зависимость ширины развертки от числа оборотов

Литература

1. Жданов, Л.С. Физика для средних специальных учебных заведений / Л.С. Жданов, Г.Л. Жданов. — М. : Наука, 1981.
2. Мякишев, Г.Я. Колебания и волны / Г.Я. Мякишев. — М. : Дрофа, 2005.
3. Элементарный учебник физики / под ред. Г.С. Ландсберга. — М. : Наука, 1975.

Резиновые подводные лодки

Громов Дмитрий Павлович

7 класс

Научный руководитель М.А. Балакин



Современная энергетика базируется на использовании таких природных ресурсов, как нефть, газ, уголь. Поскольку места добычи этих природных ископаемых обычно сильно удалены от мест их использования, то перед странами, добывающими данные ресурсы, всегда остро стоит проблема транспортировки их к потребителю. Нефть обычно транспортируют по нефтепроводам (по суше) и танкерами (по морю). Однако перевозка нефти танкерами сопряжена с большими опасностями: повреждение или затопление танкера грозит экологической катастрофой и гибелью всему живому на огромных территориях.

Один из путей решения проблемы перевозки нефти и других жидкостей, например бензина и керосина, — усовершенствование танкеров, создание такого варианта, при котором транспортировка будет отвечать критериям практичности, надежности и безопасности. Целью нашей работы была проверка гипотезы о возможности создания резинового подводного нефтепаливного танкера.

История подводного плавания началась очень давно. Еще в древнеримских и греческих рукописях встречаются описания водолазных колоколов. Разработки первой работоспособной подводной лодки относятся к 1578 г. (Англия). Корнелий Якобзон Дреббель (Нидерланды) опробовал в 1620 г. на р. Темзе первую гребную подводную лодку [1, с. 139]. С идеей подводного плавания развивалась и идея грузоперевозок подводным путем. Так, в истории Российского морского флота существуют проекты транспортно-десантных подводных лодок, способных перевозить большое количество техники (до 20 единиц) и экипажа (до 1200 человек), реконструкции списанных военных подводных лодок в транспорт, способный вмещать до 10—20 тысяч тонн груза.

Возможность создания резиновых подводных танкеров если и обсуждалась кораблестроителями, то настолько редко, что такого рода исследования нам неизвестны. Это связано с принципиальными трудностями создания подобного аппарата и с тем, что еще несколько де-

семи лет назад не существовало материалов, с помощью которых создание такой лодки было бы возможно.

Поведение тела, погруженного в воду, определяется соотношением плотностей тела и жидкости. Если плотность жидкости больше плотности тела, то тело плавает на поверхности, если меньше, то тонет. Если плотности равны, то тело находится в равновесии в любом месте внутри жидкости. Именно этот случай интересен для плавания подводных лодок.

У подводных лодок создается небольшая положительная плавучесть, при которой только 1/10 объема лодки выступает над поверхностью воды. Если наполнить специальные балластные цистерны водой, то можно повысить общую плотность лодки и она начнет погружаться. Для всплытия достаточно выместить сжатым воздухом воду из балластных цистерн.

Экспериментальное изучение возможности создания резиновых нефтеналивных подводных танкеров мы проводили в несколько этапов:

- 1) определение плотности используемого образца растительного масла для подстановки этого значения в рабочее уравнение;
- 2) вычисление массы балласта;
- 3) создание экспериментальной модели резинового подводного нефтеналивного танкера по результатам рабочего уравнения первого эксперимента;
- 4) описание модели резинового подводного нефтеналивного танкера.

Мы сделали модель подводного танкера из двух отсеков: грузового и балластного. В качестве грузового отсека мы использовали шарик, наполненный растительным маслом. Балластным отсеком служила пластиковая бутылка с песком (рис. 1).

При создании модели нам пришлось решить вопрос о массе балласта. Для этого была вычислена плотность масла. С помощью нитки мы прикрепили динамометр к штативу, измерили вес пустой кружки и из этой величины получили ее массу. Затем наполнили кружку водой и измерили ее вес. Вычислили вес воды. Перевели его в грам-



Рис. 1. Модель резинового подводного нефтеналивного танкера

мы и получили объем кружки. Заполнили кружку маслом до того же уровня, что и водой, и взвесили кружку. Высчитали вес масла, его массу. Подставили значение массы масла и его объема в формулу нахождения плотности вещества $\rho = \frac{m}{V}$ и вычислили плотность используемого масла, которая равна приблизительно $0,9 \text{ г}/\text{см}^3$. Мы вычислили массу балласта

$$(m + m_0 + m_x)g = \rho g V,$$

$$m_x = m_b + m_{ob},$$

где ρ — плотность, g — ускорение свободного падения, V — объем наливаляемого масла и отсека, m — масса наливающего масла, m_x — масса балластного отсека с балластом, m_0 — масса резинового грузового отсека, m_b — масса балласта, m_{ob} — масса оболочки балласта (масса пустого балластного отсека). Полученный результат равен 142,1 г.

Для удобства создания модели мы уменьшили объем наливающего масла и массу балласта (в равных процентных отношениях) и заполнили шарик известным объемом масла, балластный отсек — известной массой песка. При погружении модели в воду мы наблюдали, что она погрузилась на некоторую глубину и двигалась при попытке протянуть ее под водой на некоторое расстояние, не касаясь дна. Следовательно, расчеты сделаны верно.

Таким образом, в ходе эксперимента было получено наглядное доказательство возможности постройки резиновых подводных танкеров.

Подобный танкер может представлять собой резиновые емкости, буксируемые обычной подводной лодкой (рис. 2). Сами емкости состоят из наливного бака и балластного отсека. Наливной бак предлага-

ется выполнить из специальной коррозионностойкой резины. Резина делается двухслойной, и между слоями закачивается герметик. Такая конструкция практически гарантированно спасает емкости от прорезов. Важно отметить, что благодаря упругим свойствам резины этому судну не страшны столкновения. Поскольку нефть, как и все жидкости, мало сжимаема, то вопросы прочности корпуса на сжатие перед

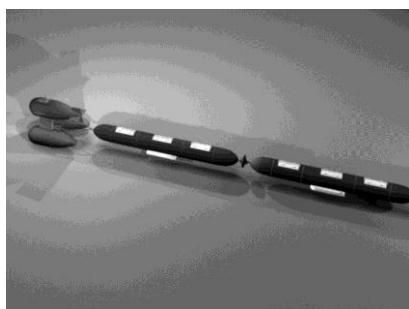


Рис. 2. Внешний вид буксируемого резинового танкера

нами не стоят. Однако для придания корпусу достаточной жесткости и формы следует накачивать нефть под давлением на 2—3 атмосферы больше, чем давление на предполагаемой глубине эксплуатации. Закачку нефти можно производить как на глубине, так и на поверхности — прочности резины с избытком хватает для этого. Глубина эксплуатации определяется возможностями буксира и лежит в пределах 0—500 м. Балластный отсек необходим для регулировки плавучести и управления движением танкера. На нем располагаются рули глубины и крепежная система буксировки.

Универсальная конструкция наливной капсулы позволит осуществлять транспортировку не только нефти, но и других видов жидкостей. Такие емкости можно использовать как на известных, так и на непригодных для надводных кораблей морских путях. В качестве района применения резиновых танкеров можно предложить морские пути, соединяющие российский полуостров Ямал, Северный ледовитый океан, Тихий океан, Японию. Эти пути выгодны, так как на Ямале большие запасы нефти, а Япония является крупным импортером черного золота в связи с его отсутствием на территории страны.

Литература

1. *Макуиртер, Н.* Все достижения человечества / Н. Макуиртер. — М. : Аст-рель-АСТ, 2002. — 255 с.
2. Техника : познавательная энциклопедия. — М. : Русич, 2001.
3. Элементарный учебник физики. Т. 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика / под ред. Г.И. Ландсберга. — Изд. 5-е, испр. и доп. — М. : Наука, 1967.

Модель Улама и гравитационная машина Ферми

Епифанцев Артем Вячеславович
9 класс

Научный руководитель В.А. Сазонтов, канд. физ.-мат. наук,
мл. науч. сотрудник ИПФ РАН

Красивым и сравнительно простым проявлением локальной неустойчивости является механизм ускорения частиц, предложенный Ферми для объяснения громадных энергий частиц, прилетающих на Землю в космических лучах. Идея Ферми заключалась в том, что при столкновении заряженных частиц с беспорядочно движущимися магнитными облаками в межзвездном пространстве частица должна в среднем ускоряться. Рассматривая облако как гигантскую частицу большой массы, причину ускорения можно понять следующим образом. При единичных актах столкновения частица приобретает или отдает энергию в зависимости от того, движется ли облако навстречу частице или от нее. Если скорости тел, с которыми сталкивается частица, распределены хаотически, то можно сказать, что число тел, движущихся в одном и том же направлении, примерно равно числу тел, движущихся в обратном направлении. Это означает, что столкновений будет больше с теми телами, скорость которых направлена навстречу частице, так как частица встречает их чаще. Отсюда следует, что частица будет чаще приобретать энергию, чем отдавать ее, и возникает эффективное ускорение частиц, называемое ускорением Ферми.

В связи с описанной выше проблемой о природе появления ускорения Ферми Улам предложил рассмотреть простую модель частицы (шарика), движущейся между двумя параллельными стенками, одна из которых неподвижна, а другая осциллирует по гармоническому закону. Для данной системы может быть записана система уравнений, связывающая последовательные скорости столкновения частицы с плитой и ее фазы в момент удара.

Модель гравитационной машины можно представить себе следующим образом. Частица (шарик) массы m подпрыгивает вертикально на осциллирующей плите и падает обратно на плиту под действием силы тяжести. Гравитационная машина Ферми отличается от модели Улама способом возвращения шарика на плиту. Полагая, что плита колеблется по гармоническому закону, можно получить систему уравнений аналогично тому, как это сделано для модели Улама.

Ускорение Ферми в гравитационной машине связано с тем, что шарик чаще сталкивается с плитой, движущейся навстречу ему, чем с движущейся от него.

Может ли ускорение шарика продолжаться неограниченно долго? В реальных условиях столкновения не могут быть абсолютно упругими, т. е. происходит переход энергии в тепло (диссипация), что приводит к ограничению максимальной средней скорости. Но даже в случае абсолютно упругих столкновений энергия шарика всё равно будет ограничена, так как выражение для скорости шарика справедливо только в предположении, что энергия плиты много больше энергии шарика. Иными словами, мы считаем, что массивная плита значительно изменяет энергию шарика, а шарик на движение плиты практически не влияет. Это допущение становится неверным, если средние энергии плиты и шарика делаются сравнимыми по величине. В этом случае, как нетрудно показать, увеличения средней энергии шарика при столкновении с плитой не происходит. Таким образом, существует предельная максимальная высота отскока.

Вообще говоря, фазу столкновения всегда можно определить точно из законов движения шарика и плиты. Почему же мы говорим о ней как о равномерно распределенной случайной величине? В действительности всякая физическая величина может быть определена лишь с известной степенью точности. Оказывается, если в определении фазы некоторого столкновения мы ошибемся на число порядка $2\pi \cdot 10^{-3}$, то уже через несколько столкновений значение фазы, полученное из расчета, будет отличаться от действительного на величину, сравнимую с 2π .

Если интерпретировать шарик как малую частицу, а плиту как газ из массивных молекул, в который эта частица помещена, то наши рассуждения позволяют заключить, что средняя кинетическая энергия частицы будет увеличиваться, пока не сравняется со средней кинетической энергией молекул газа. Правомерность такой аналогии существенно связана с хаотичностью (или, иначе говоря, стохастичностью) системы «шарик — плита». Характерной особенностью таких систем является своеобразная эволюция в их описании. Точно заданные законы содержат в себе хаотичность (при определенных условиях), которая в результате приводит к необходимости вероятностного описания.

На основе вышеприведенных уравнений был разработан численный код в пакете MATLAB, позволивший рассчитать среднюю скорость

частицы для моделей Улама и Ферми. Результаты расчетов представлены на рис. 1. Оси абсцисс и ординат выражены в условных единицах.

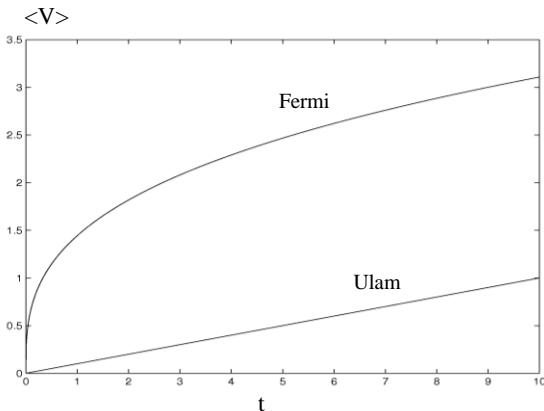


Рис. 1. Средняя скорость частицы для моделей Улама и Ферми

Из приведенных расчетов видно, что в начальной стадии ускорения средняя скорость в модели Улама растет практически линейно, а в гравитационной машине близка к кубическому корню из времени. Эти результаты находятся в хорошем соответствии с оценками в работах [1] и [2] с полученными решением диффузионного уравнения.

В ходе исследования мы описали две модели, иллюстрирующие механизм ускорения Ферми, — модель Улама и гравитационную машину. Приведен качественный анализ, из которого следует ускоренный характер движения частиц в рамках этих моделей. Сформулированы приближенные уравнения динамики частиц. На основе этих уравнений был разработан численный код, позволивший рассчитать зависимость средней скорости от времени.

На данных моделях мы увидели, что при столкновении заряженных частиц с беспорядочно движущимися магнитными облаками в межзвездном пространстве частица должна в среднем ускоряться. Из этого следует, что средние скорости частиц в космосе довольно велики.

Литература

1. Заславский, Г.М. Стохастичность динамических систем / Г.М. Заславский. — М. : Наука, 1984.
2. Карлов, Н.В. Колебания, волны, структуры / Н.В. Карлов, Н.А. Кириченко. — М. : Физматлит, 2003.
3. Самбелашивили, А. Гравитационная машина // Квант. 1997. № 6. С. 24—25.

Исследование магнитных систем гироприборов

*Ермилина Анастасия Александровна
11 класс*

Научные руководители: М.Ю. Глявин, канд. физ.-мат.
наук, ст. науч. сотрудник ИПФ РАН;
М.В. Морозкин, мл. науч. сотрудник ИПФ РАН



В настоящее время гиротроны — генераторы СВЧ, основанные на передаче энергии электронного потока электромагнитному полю в условиях резонансного взаимодействия, намного превосходят все другие источники излучения диапазона сантиметровых и миллиметровых волн по выходной мощности и эффективности. Гиротроны используются для нагрева термоядерной плазмы, высокотемпературной обработки материалов, плазмохимии, различных диагностик и т. д. Электронный пучок в гиротронах движется по спиральной траектории вдоль силовых линий магнитного поля, и магнитные системы являются неотъемлемой частью установки.

В работе представлены результаты расчетов и измерений магнитного поля различных соленоидов. Целью исследования были анализ и оптимизация магнитных систем гиротронов, а именно:

- создание протяженной области резонансного взаимодействия (что позволяет отобрать максимум энергии у электронного пучка) требует соленоидов с достаточно длинными участками однородного магнитного поля — до нескольких десятков длин волн;
- использование гиротронов для современных технологических процессов, длительность которых может достигать нескольких тысяч часов, требует оптимизировать конструкцию соленоида с точки зрения потребляемой от источника питания энергии;
- для субмиллиметровых гиротронов (частота генерации порядка 1 ТГц) практически единственным способом реализации необходимых магнитных полей в несколько десятков тесла являются импульсные соленоиды. Однако импульсное магнитное поле может ослабляться металлическим корпусом прибора, и необходимо определить требования к допустимым конструктивным материалам.

Чем больше мы хотим получить участок однородного магнитного поля, тем большей длиной должен обладать соленоид и тем больше его

энергопотребление. В относительно коротком соленоиде однородный участок магнитного поля может быть расширен за счет использования катушек Гельмгольца (рис. 1). Обычно система состоит из двух катушек, причем их толщина много меньше их радиуса. В центре системы образуется зона однородного магнитного поля.

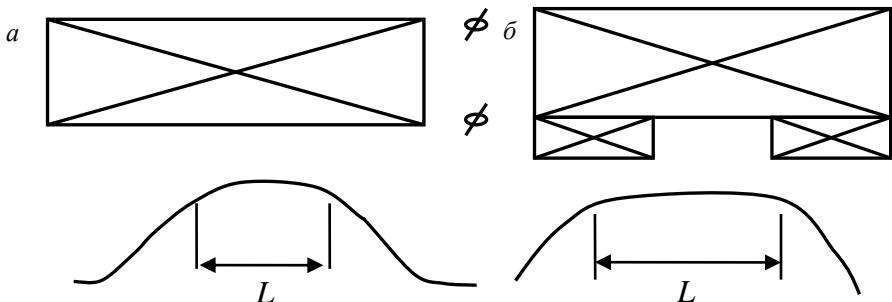


Рис. 1. Конструкция и распределение магнитного поля для обычного соленоида (а) и соленоида с дополнительными катушками (б)

Такой соленоид обладает существенно более низким энергопотреблением при заданной длине однородного участка, что было проверено нами перебором вариантов с различными геометрическими размерами катушек. В настоящее время для выбора оптимальной геометрии разрабатывается метод синтеза магнитной системы по заданному распределению магнитного поля.

Целью проведенных нами экспериментов было измерение магнитного поля и его неоднородности в соленоиде. На первом этапе выполнен расчет распределения поля вдоль оси соленоида, затем экспериментальное измерение постоянного магнитного поля с шагом 10 мм (примерно соответствующим длине волны генерации) датчиками, использующими эффект Холла. Результаты расчетов и экспериментально полученные данные практически совпали. Доказано, что конструкция соленоида удовлетворяет требованиям к магнитной системе, главным из которых является однородность магнитного поля в пределах пространства взаимодействия. Изменение магнитного поля в этой области меньше 0,5 %.

Для ряда приложений возможна работа гиротрона в импульсном режиме, при этом средняя мощность может быть достаточно высокой. Преимущества такой системы очевидны: не требуется постоянных

магнитных полей и можно на короткое время создавать очень сильные магнитные поля, невоспроизводимые в длительных режимах работы.

Чтобы убедиться в том, что распределение поля вдоль оси соленоида не зависит от величины подаваемого поля, мы экспериментально измерили распределение магнитного поля импульсного соленоида. В данном случае воспользоваться датчиком Холла было невозможно, так как поле быстро меняется, и для измерения импульсных магнитных полей использовалась дополнительная измерительная катушка малых размеров, вносимая в рабочее пространство основного соленоида. Постоянный ток, подаваемый на соленоид, создавал переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, порождало наведенный ток измерительной катушки, регистрируемый осциллографом (рис. 2).

Измеренные в ходе эксперимента продольные распределения постоянного и импульсного магнитных полей совпали (рис. 2). Это подтверждает, что распределение магнитного поля соленоида не зависит от режима работы соленоида и определяется его геометрическими параметрами.

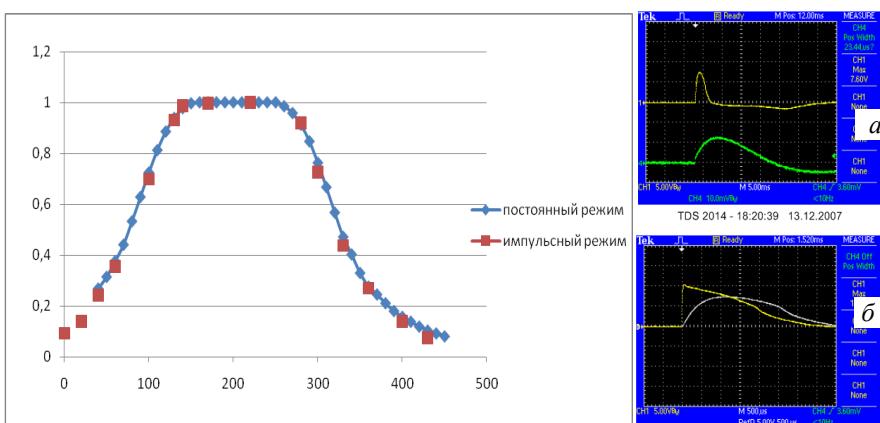


Рис. 2. Экспериментально измеренные распределения поля в постоянном и импульсном режимах работы соленоида и осциллограммы регистрируемых сигналов: *a* — ток основного соленоида (нижняя кривая) и наведенный ток измерительной катушки; *б* — сигнал измерительной катушки для медной (плавное нарастание) и стальной направляющей

Прибор, для которого будет использован соленоид, имеет металлический корпус. Материал корпуса может повлиять на создаваемое соленоидом магнитное поле. Для определения этого влияния и вывода о возможности применимости тех или иных металлов в конструкции

гиротрона мы провели измерения поля при внесении в соленоид, медной и стальной трубок с близкими геометрическими размерами. Во всех случаях измерительная катушка помещалась внутри вносимой трубки, которая являлась направляющей, отчасти имитировавшей корпус прибора.

Мы предположили, что медная трубка должна заметно сильнее ослаблять магнитное поле по сравнению со стеклянной. Этот эффект связан с протеканием вихревых токов в металлических трубках в процессе прохождения импульса магнитного поля, а медь — материал с малым электрическим сопротивлением. Стальная трубка (с высоким электрическим сопротивлением) должна давать малое ослабление поля, и сигнал на осциллограмме должен быть близок к случаю с использованием стеклянной направляющей. В ходе эксперимента предположения подтвердились.

В случае использования материала с высокой проводимостью (медь) кроме ослабления поля наблюдалось и существенное изменение формы импульса (рис. 2, б). Можно утверждать, что, поскольку различие в условиях эксперимента заключается в электропроводящих свойствах металлов, при конструировании приборов с импульсными магнитными полями предпочтительно использовать металлы с малой электрической проводимостью, то есть стали, а не меди. В случае постоянного магнитного поля материал направляющей не оказывает заметного влияния на амплитуду магнитного поля.

Ослабление магнитного поля проводящими материалами можно оценить, используя известные формулы для скин-эффекта. Поле внутри трубы определяется следующим выражением:

$$B_{in} = B_{out} \cdot e^{-\frac{h}{\delta}},$$

где B_{out} — «внешнее» для трубы поле, то есть неослабленное поле соленоида, h — толщина стенок трубы и δ — глубина скин-слоя, вычисляемая по формуле $\delta = \sqrt{2/\omega\sigma\mu_0}$. Здесь $\mu \approx 1$ — магнитная проницаемость материала трубы (для оценок принятая одинаковой для меди и стали), μ_0 — магнитная постоянная в системе СИ, ω — частота излучения, которую можно оценить из осциллограммы, считая участок возрастающего поля за четверть периода синусоиды, σ — удельная проводимость материала трубы.

Оценки ослабления магнитного поля показывают, что стальная трубка, изготовленная из нержавеющей стали с низкой удельной проводимостью, ослабляет магнитное поле всего на 3 %, а медная трубка — на 13 %. Полу-

ченные оценки хорошо соотносятся с наблюдаемым на осцилограммах ослаблением поля.

Данная работа относится к прикладным исследованиям и имеет большую практическую значимость для отдела мощных электронных приборов ИПФ РАН.

Снижение энерговыделения соленоидов позволит получить существенный выигрыш в затратах энергии на один технологический цикл, упростить систему охлаждения комплекса в целом и снизить ее массогабаритные характеристики. Разрабатываемая программа синтеза магнитных систем позволит рассчитывать геометрию соленоидов с минимальным энергопотреблением при заданном профиле магнитного поля. Следующим шагом в нашем исследовании будет измерение распределения поля в так называемых системах с магнитной экранировкой, то есть когда поля рассеяния соленоида уменьшаются за счет окружения соленоида материалами с высокой магнитной проницаемостью и все поле концентрируется внутри рабочего пространства.

Использование импульсных магнитов с малым энерговыделением в сочетании с эффективным охлаждением позволит повысить частоту следования импульсов магнитного поля и, как следствие, среднюю мощность источников терагерцевого излучения.

Литература

1. Мазеры на циклотронном резонансе. Состояние и проблемы / А.Л. Гольденберг, Г.Г. Денисов, В.Е. Запевалов, А.Г. Литвак, В.А. Флягин // Известия вузов. Радиофизика. 1996. Т. 39, вып. 6. С. 635.
2. *Дик, Ю.И.* Физика : учеб. пособие для 10 кл. шк. и классов с углубленным изучением физики / Ю.И. Дик, О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов [и др.] ; под. ред. А.А. Пинского. — М. : Просвещение, 1993.
3. *Карасик, В.Р.* Физика и техника сильных магнитных полей / В.Р. Карасик. — М., 1964.
4. Пособие по лабораторным работам Новосибирского государственного университета. Ч. 3. Движение носителей зарядов в магнитном поле. Эффект Холла. — Новосибирск, 1988.
5. *Роузлл, Г.* Физика / Г. Роузлл, С. Герберт ; пер. с англ. — М. : Просвещение, 1993.



Исследование физических свойств перфтордекалина

Калынова Елизавета Юрьевна

7 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко

В повседневной жизни жидкости нас окружают повсюду. Прежде всего, это вода, одно из распространенных соединений в природе, ее удобно использовать для сравнения при изучении свойств других жидкостей.

Много новых жидкостей с интересными свойствами появляется благодаря успехам химической промышленности. Одна из таких жидкостей мне показалась наиболее интересной. В ней прекрасно растворяются газы, в частности кислород и углекислый газ. Кислород в этой жидкости растворяется вдвадцать раз лучше, чем в воде. Она более текучая, чем вода. Ее даже используют в составе кровезаменителя. А однажды ученые провели опыт по погружению мыши в эту жидкость, насыщенную кислородом. Мышь более двух часов дышала этим веществом. После извлечения мыши и освобождения ее легких от жидкости она продолжала жить, как ни в чем не бывало. Эта очень интересная жидкость, обладающая такими необычными свойствами, называется перфтордекалин. Изучение свойств перфтордекалина может открыть новые интересные его применения и решить кажущиеся сегодня фантастическими задачи.

Перфтордекалин — бесцветная и прозрачная жидкость без запаха, слегка маслянистая на ощупь. Молекула перфтордекалина является соединением углерода и фтора, что и определяет необычные свойства этой жидкости.

Если капнуть каплю этого вещества в воду, предварительно налитую в стеклянный сосуд, она, не растворяясь в ней, быстро опустится на дно и прилипнет к нему. Значит, перфтордекалин тяжелее воды и хорошо смачивает стекло. Заменив стеклянный сосуд пластиковым, наблюдаем ту же картину. Это означает, что данное вещество прекрасно смачивает пластик.

Поместим емкость с водой и перфтордекалином в морозильную камеру с температурой -18°C и дождемся замораживания воды. При этом перфтордекалин останется жидким, что хорошо видно по перемещению

в нем воздушного пузырька при переворачивании ванночки. Значит, температура его замерзания ниже -18°C . Действительно, по данным производителя (завода полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината), температура замерзания перфтордекалина составляет -50°C .

Если капнуть на стеклянную пластинку приблизительно одинаковые по весу капли перфтордекалина и воды и пронаблюдать за скоростью испарения жидкостей при комнатной температуре, то мы заметим, что, в то время как капля воды практически не меняется, капля перфтордекалина успевает полностью испариться. По данным производителя, теплота испарения в точке кипения для перфтордекалина составляет $75,5 \cdot 10^3$ Дж/кг, а для воды — $2260 \cdot 10^3$ Дж/кг, то есть перфтордекалин испаряется почти в тридцать раз быстрее воды.

После этого были определены более подробно физические характеристики перфтордекалина: плотность, вязкость, коэффициент поверхностного натяжения, а также качественно сравнивались теплоемкость и теплопроводность воды и перфтордекалина.

Плотность перфтордекалина измерялась тремя способами. Первый способ подходит для измерения плотности любой жидкости. Он основан на взвешивании на весах для определения массы некоторого объема исследуемой жидкости, чтобы затем по известной формуле найти ее плотность, или, другими словами, удельную массу.

Второй способ подходит для определения относительной плотности двух нерастворимых друг в друге жидкостей, он носит название «метод сообщающихся сосудов». Для этого гибкий прозрачный шланг изгибался U-образно и, будучи открытым, закреплялся на вертикальной дощечке вместе с линейкой. Получившийся объем сначала заполнялся одной жидкостью, а затем в одно из колен наливалась другая жидкость. Прежний уровень жидкости изменялся. За нулевой уровень принималась граница раздела жидкостей. Согласно закону Паскаля давление столба жидкости в одном колене равно давлению столба жидкости в другом колене. Отсюда определялась относительная плотность исследуемой жидкости.

При измерении плотности перфтордекалина третьим способом использовался закон Архимеда, когда плотность перфтордекалина определялась из условия равенства веса известного объема перфтордекалина, налитого в стеклянный пузырек, и веса вытесненной воды, в которую погружался пузырек.

Полученные таким образом значения плотности 1,97; 1,94 и 2 г/см³ находятся в хорошем соответствии со справочными данными.

Вязкость перфтордекалина измерялась методом, основанным на законе Стокса. Согласно этому закону сопротивление, оказываемое телу обтекаемой формы при малых скоростях, прямо пропорционально первой степени скорости, коэффициенту вязкости и линейным размерам тела. Для определения коэффициента вязкости мы измеряли скорость падения стеклянного шарика в длинной стеклянной трубке, заполненной исследуемой жидкостью. Динамическая вязкость перфтордекалина при температуре 23 °C составила по нашим измерениям $6,1 \cdot 10^{-3}$ Па · с, что в 6 раз больше вязкости воды.

Определение коэффициента поверхностного натяжения производилось с помощью установки, состоящей из закрепленного в лапке штатива динамометра, к крючку которого подвешивались металлические скобки различной длины. Скобки погружались в исследуемую жидкость, и пружина динамометра растягивалась под действием силы поверхностного натяжения вытягиваемой с поверхности жидкости пленки. Зная силу отрыва и длину скобки, легко вычислить коэффициент поверхностного натяжения. По нашим измерениям он оказался равен $(19,0 \pm 0,4)$ мН/м, а это почти в 4 раза меньше, чем у воды.

К сожалению, из-за отсутствия необходимого оборудования мы смогли сделать только качественную оценку тепловых свойств перфтордекалина. Для оценки коэффициента теплоемкости использовалась кастрюлька с горячей водой и два одинаковых стеклянных пузырька. В один из них наливалась вода, в другой — перфтордекалин. Температура и масса жидкостей были одинаковы. Затем пузырьки погружались в горячую воду, и через некоторое время измерялась температура их содержимого. Температура перфтордекалина росла быстрее, чем температура воды. И действительно, по справочным данным, теплоемкость воды при 20 °C составляет 4200 Дж/(кг · °C), а теплоемкость перфтордекалина 1090 Дж/(кг · °C), то есть вчетверо меньше, чем у воды.

Разницу в теплопроводности этих жидкостей можно качественно почувствовать следующим образом. На одну ладонь нальем воду, а на другую перфтордекалин той же температуры. Мы ощутим, что перфтордекалин теплее воды. Это происходит потому, что перфтордекалин передает тепло медленнее, чем вода. Согласно справочным данным, теплопроводность перфтордекалина составляет 0,0575 Вт/(м · °C), то есть она почти в десять раз меньше теплопроводности воды — 0,596 Вт/(м · °C).

Таким образом, проведенные эксперименты позволяют дать описание основных физических свойств удивительной жидкости —

перфтордекалина. Это бесцветная и прозрачная жидкость без запаха, слегка маслянистая на ощупь. Она не растворяется в воде, хорошо смачивает поверхности практически всех употребляемых в быту материалов (стекло, пластик, металл), значительно более летучая, чем вода, но при этом температура ее закипания (142°C) выше, а температура замерзания (-50°C) значительно ниже, чем у воды. Перфтордекалин вдвое тяжелее воды. И хотя перфтордекалин обладает большей, чем вода, вязкостью (в 6 раз), его поверхностное натяжение в 4 раза меньше, из-за чего он является более текучим, чем вода и поэтому широко используется в составе кровезаменителя в медицине. Для нагревания перфтордекалина требуется вчетверо меньше тепла, чем для воды той же массы, и в тоже время эта жидкость в десять раз превосходит воду по теплоизоляционным качествам.

Данная работа позволила мне узнать много нового об особенном состоянии вещества — о жидкости. В ходе работы я познакомилась с практическим применением законов Архимеда и Паскаля, изучила ряд экспериментальных методов определения физических свойств жидкостей и применила их на практике. Я впервые узнала о перфтордекалине, жидкости с необычными, отличными от воды свойствами. При проведении опытов я убедилась в необычных свойствах этой жидкости.

Перфтордекалин — это лишь одна из жидкостей широкого класса перфторуглеродов. В настоящее время разрабатываются проекты по целенаправленному поиску перфторуглеродов с заданными свойствами. Это открывает практически неограниченные перспективы для получения новых веществ. Получение новых жидкостей и изучение их свойств поможет решить многие актуальные задачи и открыть неизвестные возможности.

Литература

1. Фриш, С.Э. Курс общей физики. Т. 1 / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2006.
2. Энциклопедия для детей. Физика. Т. 1. — М. : Аванта, 2005.
3. Иваницкий, Г.Р. Биофизика на пороге нового тысячелетия: перфторуглеродные среды и газотранспортные кровезаменители // Российский медицинский журнал. 2000. Декабрь. Т. 1. С. 1—24.
4. Таблицы физических величин : справочник / под ред. И.К. Кикоина. — М. : Атомиздат, 1976.
5. Скайрс, Дж. Практическая физика / Дж. Скайрс. — М. : Мир, 1971.

Бесконтактный метод синхронного измерения высоты и угла наклона поверхности жидкости

Караева Полина Владимировна

11 класс

Научный руководитель Е.М. Мешков, мл. науч. со-
трудник ИПФ РАН



Волны на воде — явление, с которым сталкивался каждый. Еще древние греки имели представление об особенностях ветровых волн в различных районах Средиземного моря. Однако до 1950-х годов наука о волнах практически не приступала к описанию сложного волнения, видимого на поверхности водоемов. Лишь с появлением компьютерных технологий удалось сделать значительный шаг вперед в изучении поверхностного волнения [1, 2].

Практическая ценность информации о морском волнении обусловила появление большого разнообразия устройств, предназначенных для измерения параметров волн. Среди них струнные и лазерные волнографы, датчики давления. Однако недостатком существующих приборов является неполнота получаемой информации. Струнные волнографы не позволяют точно измерять угол наклона морской поверхности, лазерные волнографы измеряют только наклон волнения, а датчики давления — только высоту крупных волн [3, 4]. Это затрудняет развитие прикладных направлений, таких как дистанционное радиолокационное зондирование морской поверхности с космических носителей, которое представляет большой интерес для ученых в последние два десятилетия [5, 6]. Новый метод позволит одновременно измерять два ключевых параметра волнения: высоту и угол наклона волн, и в этом состоит его основное преимущество в сравнении с существующими алгоритмами.

Описание алгоритма. В основе предлагаемого способа лежат законы распространения света в различных средах, а его прототипом является алгоритм, применяемый в лазерных волнографах. Однако в традиционных лазерных приборах луч, пройдя через толщу воды, попадает непосредственно в «приемник». Таким образом, восстановление высоты волнения оказывается невозможным. В новом приборе предлагается использовать два регистрирующих устройства, благодаря чему можно определить высоту волнения и восстановить наклон поверхности именно в точке измерения.

На рисунке 1 представлена схема распространения луча. Лазер расположен под водой на глубине H_0 , луч выходит вертикально вверх и проходит через стеклянную пластину толщиной t , расположенную на высоте H_1 над водой. На высоте H_2 от верхней плоскости первой пластины расположена вторая пластина. В результате, когда луч проходит через пластины, мы видим «отметки» лазерного луча (точки) на стекле.

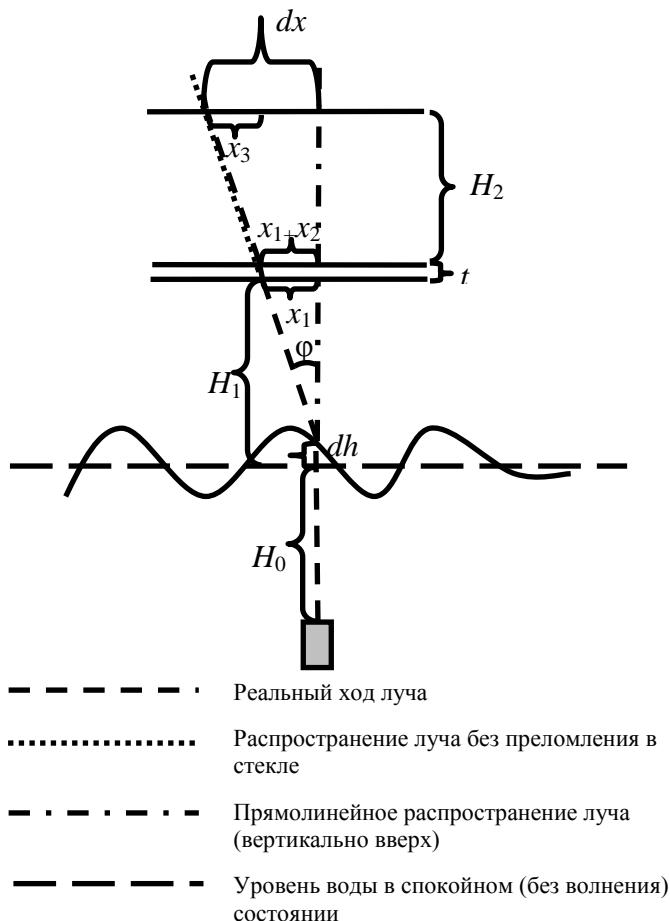


Рис. 1. Схема распространения луча

Для «визуализации» точек прохождения лазерного луча через стекло необходимо, чтобы одна из поверхностей пластины была ше-

роховатой, и обеспечивала появление диффузного рассеяния, и в то же время пропускала луч на вторую пластину. При наличии волнения на границе вода — воздух лазерный луч, преломляясь, отклоняется от вертикального направления на угол φ . Смещение в пластине — x_2 .

Точки от лазерного луча на стекле движутся в зависимости от времени, реагируя на движение поверхности воды, и находятся на некотором расстоянии x_1 , $x_1 + x_2$ (на первой пластине), x_3 , dx (на второй) от «нулевых отметок». За «нулевые отметки» мы принимаем точки, через которые проходит луч, когда вода находится в спокойном, невозмущенном состоянии. Распространение луча подчиняется законам геометрической оптики [7, 8], и наличие двух стеклянных поверхностей позволяет восстановить угол наклона α и высоту водной поверхности dh в точке прохождения луча:

$$dh = H_1 - \frac{x_1}{\operatorname{tg}\varphi} = H_1 - \frac{H_2}{x_3} \cdot \left(x_{12} - \operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{n_2 \cdot \sin \left(\operatorname{arctg} \frac{dx - x_{12}}{H_2} \right)}{n_3} \right) \cdot t \right), \quad (1)$$

$$\arcsin \left(\frac{n_1 \cdot \sin \alpha}{n_2} \right) - \alpha = \operatorname{arctg} \frac{x_3}{H_2}, \quad (2)$$

где $x_{12} = x_1 + x_2$; n_1 — коэффициент преломления воды; n_2 — коэффициент преломления воздуха; α — угол падения луча; n_3 — коэффициент преломления стекла; $x_3 = dx - x_{12}$.

Для решения трансцендентного уравнения (2) используется метод деления пополам.

Эксперимент. В ходе исследования был проведен эксперимент, полностью соответствовавший описанной теоретической модели. Единственным отличием являлось использование в качестве «приемников» прозрачных пленок (а не стеклянных пластин), толщиной которых можно пренебречь в расчетах. Это позволило упростить формулы для вычисления высоты и угла наклона водной поверхности, и они имеют следующий вид:

$$dh = H_1 - \frac{x_1}{\operatorname{tg}\varphi} = H_1 - \frac{x_1}{dx - x_1} \cdot H_2, \quad (3)$$

$$\arcsin \left(\frac{n_1 \cdot \sin \alpha}{n_2} \right) - \alpha = \operatorname{arctg} \frac{dx - x_1}{H_2}. \quad (4)$$

Для записи траектории движения точек на пластинах использовалась цифровая видеокамера, установленная так, чтобы одновременно снимать обе пластины. Оцифровка измерений проводилась на экране ($1,02 \times 0,57$ м) в режиме покадрового просмотра.

Для проверки работоспособности алгоритма была проведена ручная обработка 80 кадров и получен массив, содержащий координаты точек на верхней и нижней пластинах. На рисунке 2 приведена траектория движения луча на верхней пластине, построенная на основе полученного массива. Наблюдаемая асимметрия смещений по осям OX и OY обусловлена распространением волны вдоль оси OX .

Небольшая частота кадров использовавшейся в эксперименте видеокамеры ограничивала возможности разбиения непрерывной траектории движения луча по пластине на малые участки (точки), что необходимо для обработки эксперимента в режиме покадрового просмотра. При больших углах наклона луч на пластинах перемещался так быстро, что видеокамера не позволяла фиксировать его смещение в каждой точке траектории: вместо точки в кадре наблюдался сильно вытянутый эллипс. Поэтому в этом эксперименте мы были вынуждены ограни-

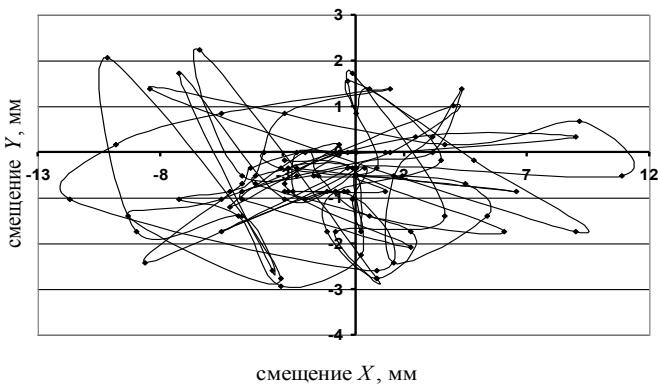


Рис. 2. Траектория движения луча на верхней пластине

читься измерением параметров пологих, невысоких волн. Для снятия этих ограничений предлагается использовать высокоскоростную цифровую видеокамеру. На рис. 3 показано восстановление угла наклона водной поверхности по двум осям OX и OY . Угол наклона вдоль оси OY значительно меньше, так как волны распространялись вдоль оси OX . Точность восстановления угла наклона была достаточно высокой: абсо-

лютная погрешность измерений равна $0,45^\circ$. Такая точность обусловлена большим расстоянием между пластинами (346 мм): при угле $\varphi = 1^\circ$ смещение на второй пластине составляет 6 мм, что превосходит общую погрешность измерений смещения, равную 1,5—2 мм. Размер пятна не оказывал влияния на точность, так как измерялось смещение центра.

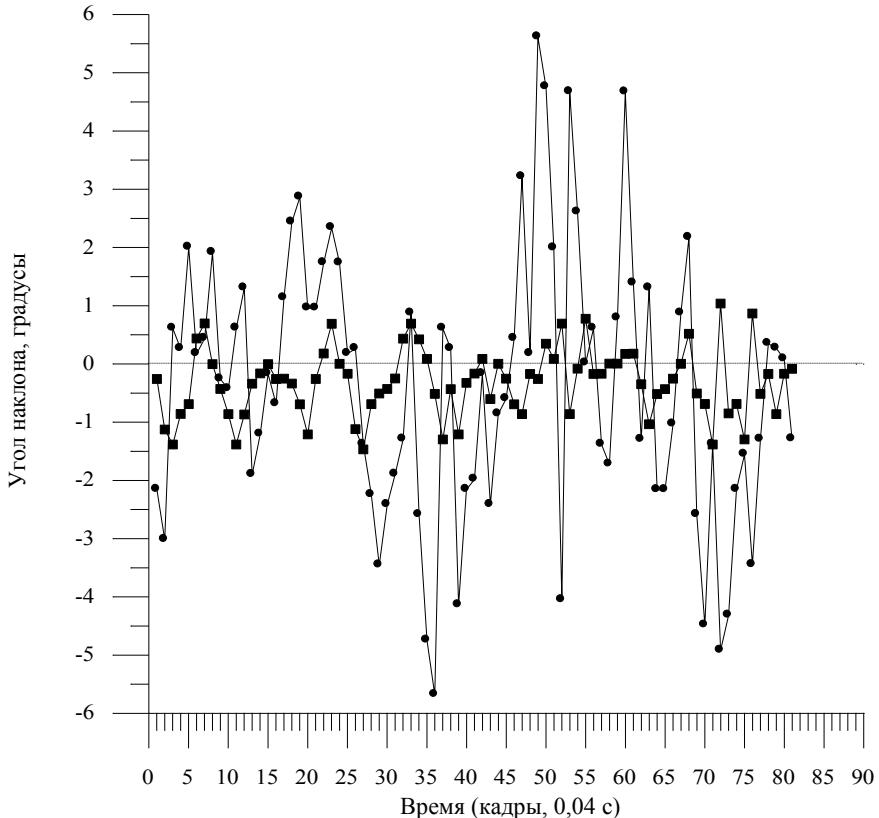


Рис. 3. Угол наклона водной поверхности:
● — по оси OX ; ■ — по оси OY

Для нахождения коэффициентов пересчета расстояний в видеоизображении (на экране телевизора) в «реальные» проводилась съемка на видеокамеру линеек (как метрических образцов), расположенных на обоих стеклах. Впоследствии вычисленные коэффициенты использовались при обработке.

В статье не приводится график высоты волнения, так как полученные значения dh сравнимы с погрешностью искомой величины. Это связано с тем, что все измерения проводились вручную и при неболь-

шой высоте волнения (амплитуда не превышала 1—2 см) восстановленные значения давали большую относительную ошибку. При увеличении высоты волнения относительная погрешность будет меньше.

В дальнейшем процесс обработки данных будет автоматизирован, и влияние человеческого фактора на обработку результатов эксперимента будет сведено к минимуму, а значит, точность восстановления угла наклона и высоты волны увеличится и можно будет работать с невысокими волнами. В настоящий момент разрабатывается программа для автоматического распознавания изображений и вычисления координат точек на пластинах. Программа будет использовать файлы (кадры) в формате JPG.

Заключение. Новый способ позволяет проводить синхронные измерения высоты и угла наклона водной поверхности в одной точке, чем отличается от существующих методов. В ходе исследования были разработаны программы, позволяющие проводить численные эксперименты (моделировать прохождение луча), обрабатывать полученные данные и восстанавливать высоту и угол наклона поверхности жидкости. Созданный для проведения эксперимента макет может выступить прототипом при изготовлении прибора, который позволял бы проводить измерения в натурных условиях.

Результаты эксперимента подтвердили работоспособность алгоритма, хотя стала очевидной необходимость автоматизации обработки данных и использование более совершенной регистрирующей аппаратуры. Предлагаемый способ измерения предоставляет новые возможности для исследования морского волнения океанологам, а также специалистам, разрабатывающим новые алгоритмы обработки данных для современной измерительной радиолокационной аппаратуры.

Литература

1. Давидан, И.Н. На встречу со штормами / И.Н. Давидан. — Л. : Гидрометеоиздат, 1982.
2. Неконтактные методы измерения океанографических параметров / под ред. Киреева И.В. — М. : Гидрометеоиздат. Московское отделение, 1983.
3. Bock, Erik J. Optical Measurements of Capillary-Gravity Wave Spectra Using a Scanning Laser Slope Gauge / Erik J. Bock, Tetsu Hara // Journal of atmospheric and oceanic technology. 1995. V. 12, № 4. P. 395—402.
4. A study of Wavenumber Spectra of Short Water Waves in the Ocean / Paul A. Hwang, Serhad Atakturk, Mark A. Sletten, Dennis B. Trizna // Journal of physical oceanography. 1996. V. 26, № 7. P. 1266—1285.
5. Методы, процедуры и средства аэрокосмической компьютерной радиотомографии приповерхностных областей Земли / под ред. Нестерова С.В. — М. : Научный мир, 1996.
6. Мельник, Ю.А. Радиолокационные исследования Земли / Ю.А. Мельник. — М. : Советское радио, 1980.
7. Элементарный учебник физики. Т. 3 / под ред. Ладсберга Г.С. — М. : Наука, 1995.
8. Яворский, Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. — М. : Наука, 1980.

Исследование неустойчивости при вытекании воды из узкого отверстия

Кирюхин Никита Дмитриевич
7 класс

Научный руководитель А.Ф. Беленов,
канд. физ.-мат. наук, доцент НИРО



В повседневной жизни мы часто наблюдаем выливание воды из узкого отверстия (горлышко бутылки), сопровождающееся образованием воздушных пузырей («бульканье»). Можно заметить, что при раскручивании бутылки иногда происходит образование воронки. Я задумался о том, почему возникают эти явления.

Казалось бы, если открыть пробку у бутылки с водой, перевернутой горлышком вниз, то выльется часть воды, а дальше наступит равновесие: столб воды высотой h в бутылке будет удерживаться разностью давлений воздуха снаружи p_0 и внутри бутылки p : $p_0 - p = \rho gh$ (ρ — плотность воды, g — ускорение свободного падения).

Цель исследования — выяснить условия, при которых:

1) вытекание воды сопровождается образованием воронки;
2) образованием всплывающих с характерным звуком («бульканьем») пузырьков воздуха и периодическим вытеканием воды из бутылки — для этого случая исследовать зависимость интервала времени между выбросами воды из бутылки:

- от характеристик отверстия — внутреннего диаметра d и длины L ;
- высоты воздушного столба h в бутылке;
- 3) вытекание воды не происходит.

Начало работы. Разделение двух случаев вытекания воды: «бульканье» и «воронка». Заметим, что при выливании воды из любого сосуда «бульканье» происходит далеко не всегда. Например, когда вода выливается из кастрюли, она мгновенно оказывается на полу. Также, если взять сосуд с очень узким горлышком и налить в него воду до верха, то, скорее всего, вода просто не будет выливаться. Бутылка без специального оборудования не совсем годится для опытов. При выливании воды из бутылки «бульканье» происходит, но вода выливается очень быстро, и проводить наблюдения не очень удобно. В данном опыте бутылка затыкается специальными пробками.

1) Пробка с широким отверстием диаметром 12 мм и малой длины — 25 мм (рис. 1). Для такой пробки мы наблюдали явление воронки: берем пробку, затыкаем ей бутылку, переворачиваем ее и начинаем раскручивать, а через некоторое время перестаем раскручивать. В бутылке начинает образовываться воронка, поскольку, когда бутылка вращается, движение передается только ее краям, и поэтому вращается только та часть воды, которая находится рядом с краями бутылки, а та часть, которая находится в середине, начинает как бы проваливаться вниз.



Рис. 1

2) Пробки с отверстием в виде длинной трубки (длины L трубок 85 и 55 мм, диаметры d внутренних отверстий 5 и 7 мм). Процесс «бульканья» исследовался именно для этих пробок. Одна из пробок была изготовлена из двух. У каждой из них в середине было просверлено отверстие. Затем они были склеены между собой изоляционной лентой

и через отверстие пропущен стержень, в качестве которого был использован пластиковый корпус от гелевой ручки (рис. 2). Все соединения были тщательно загерметизированы, а пробки с боков обмотаны изоляционной лентой для того, чтобы впоследствии использовать вторую бутылку для сбора вытекающей воды

Рис. 2

Процесс исследования. Как только начиналось «бульканье», отмечалась высота воздушного столба h_1 . Затем отмечалось время t_1 первых 10 колебаний. После первых 10 колебаний секундомер останавливался и показание t_1 фиксировалось. Секундомер (после сброса на 0) включался снова при достижении высоты воздушного столба $h_2 = h_1 + 10$ мм и выключался после отсчета 10 колебаний (показания секундомера t_2). Для 8 высот (для двух трубок) и 6 высот (для третьей трубы) строилась зависимость «период колебаний $T = t_n/10$ — высота воздушного столба h_n » (рис. 3). При данных обозначениях $n = 1$ соответствует первому отсчету (для высоты воздушного столба h_1).

Обсуждение результатов. Во время проведения данных опытов я задумался над вопросом: в какой момент происходит «бульканье»? Гипотез было две:



период, сек

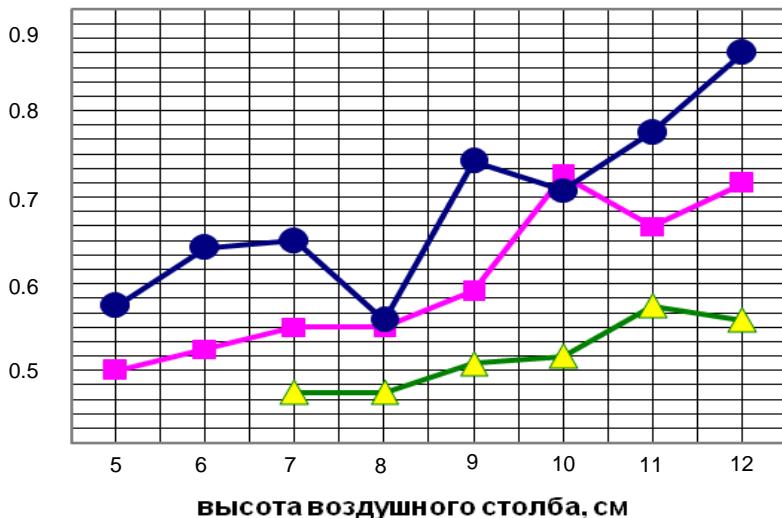


Рис. 3. Зависимость «период — высота воздушного столба»:

● — трубка $L = 85$ мм; $d = 5$ мм; ■ — трубка $L = 55$ мм; $d = 5$ мм;

▲ — $L = 55$ мм; $d = 7$ мм

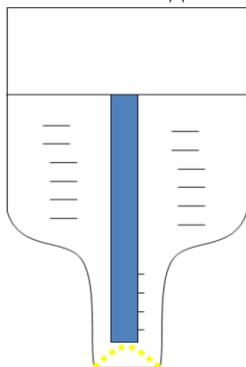
- звук появляется тогда, когда пузырек отрывается от трубки;
- явление возникает, когда пузырек достигает границы «вода — воздух» внутри бутылки.

Ответ на вопрос дала видеозапись процесса «бульканья». Анализ в режиме последовательных стоп-кадров показал, что «бульканье» возникает, когда пузырек отрывается от трубки внутри бутылки. Таким образом, «бульканье» происходит из-за того, что описанное равновесие неустойчиво: иногда на поверхности воды на границе с воздухом образуется неровность, из-за которой атмосферное давление начинает пересиливать давление «столбика» внутри бутылки (рис. 4).

При объяснении особенностей изменения периода выбросов воды из бутылки я сначала думал, что период — это время восхождения пузырька к поверхности воды. Так как уровень воды понижается, то должен уменьшаться и период, поскольку уменьшается время всплытия пузырьков. Но период, напротив, растет (хотя и не на всех участках, но этого я пока не могу объяснить). Тогда мы сравнили воздушный промежуток с пружиной. Как известно, если разрезать пружину пополам, ее коэффициент жесткости вырастет в два раза. Поэтому

му, когда мы наливаем в бутылку слишком много воды, «воздушная пружина» становится очень короткой, и ее очень сложно сжать — вода просто не выливается.

Если же длина «воздушной пружины» достаточно велика, то она



как бы медленнее колеблет воду, — этим и объясняется то, что чем меньше воды осталось в бутылке, тем больше период выбросов воды. Также можно отметить, что время между выбросами воды зависит и от размеров выходного отверстия — чем короче отверстие и чем больше его внутренний диаметр, тем меньше период. Это объясняется тем, что короткое и широкое отверстие оказывает меньше сопротивления вытеканию жидкости, то есть вода вытекает быстрее.

Научная ценность. В сливных промышленные трубопроводы, нефтеналивные системы, системы отопления и канализации) часто наблюдается такое явление, как «воздушная пробка» (рис. 5).

Вода, заключенная в объеме A , находится в условиях, близких к условиям нашего эксперимента. Эффект «бульканья» может разрушить или причинить вред сливной системе, так как периодическое воздействие на трубы вызовет явление резонанса, если период «бульканья» будет близок к периоду механических колебаний самих труб. Поэтому проведенные в работе исследования могут быть полезны для будущих инженерных разработок сливных систем широкого назначения.

Научная ценность. В экспериментах, исследованиях не хочется ограничиваться только ответом на вопрос «зачем?». Как писал известный нижегородский ученый, профессор ИПФ РАН М.А. Миллер (Миллер М.А. Всякая и не всякая всячина. Н. Новгород: ИПФ РАН, 2005), очень важна «ценность знания самого по себе». Мы исследовали довольно непростую колебательную систему. Сложность нашей колебательной системы состоит в том, что начало колебаний имеет порог — существует наименьшая высота воздушного столба, при ко-

Рис. 4

Практическая цен-

ность. устройствах (домашние и

промышленные трубопроводы, нефтеналивные системы, системы

отопления и канализации) часто наблюдается такое явление, как «воздушная пробка» (рис. 5).

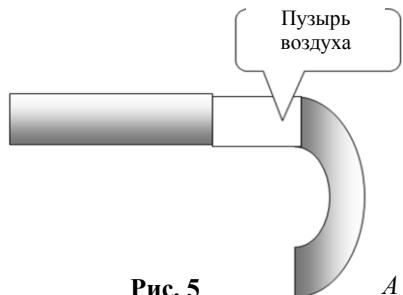


Рис. 5

торой возникают колебания — «бульканье» (даже при условии первоначального толчка — вертикального встряхивания). Также стоит отметить, что модель колебаний не сводится к модели «груз (масса воды) — пружина (упругость воздушного столба)». Это подтверждают полученные нами графики зависимости «период — высота воздушного столба». На графиках отчетливо видно, что при одинаковых высотах воздушного столба период увеличивается при увеличении длины трубы или при уменьшении внутреннего диаметра выходного отверстия.

Данные исследования нельзя считать завершенными. В частности, я бы хотел продолжить эксперименты в двух направлениях:

- изучение зависимости порога начала колебаний от внутреннего диаметра отверстия и длины сливной трубы;
- исследование зависимости «период — высота воздушного столба» в системе герметично связанных бутылок.

Пока можно только отметить, что при герметичном подсоединении второй бутылки период колебаний резко уменьшается. Этот факт объясняется тем, что добавляется еще одна «воздушная пружина». Такая добавка увеличивает упругость системы и, следовательно, сокращает период колебаний — выбросов воды.

Литература

1. *Вафин, Ф.* Еще раз о реакции вытекающей и втекающей струи // Квант. 1980. № 9.
2. *Боровой, А.* Пузырьки в жидкости // Квант. 1985. № 2.
3. *Майер, В.В.* Реакция вытекающей и втекающей струи // Квант. 1978. № 9.
4. *Асламазов, Л.Г.* Удивительная физика / Л.Г. Асламазов, А.А. Варламов. — М. : МЦНМО, 2005. — 258 с.
5. Большая книга экспериментов для школьников / под ред. А. Мейяни ; пер. с итал. И.Э. Мотылевой. — М. : Росмэн, 2001. — 260 с.
6. *Даминов, Р.В.* Физический эксперимент — это просто! Занимательные опыты с пластиковыми бутылками / Р.В. Даминов. — Казань : Новое знание, 2001.



Моделирование свойств космического льда в земных условиях

Коган Михаил Львович

6 класс

Научный руководитель Р.В. Троицкий, канд. физ.-мат. наук

Многие космические объекты в пределах Солнечной системы состоят из льда или покрыты льдом. Этот лед имеет свойства, отличные от свойств льда на Земле. Поэтому при проведении космических исследований, при составлении планов полетов к тем или иным объектам, например к ядрам комет, необходимо знать природу этого льда. Получение и дальнейшие исследования такого льда вполне возможно провести в земных условиях.

Целью данной работы было получение льда при давлении в диапазоне от атмосферного до близкого к вакууму и сравнение времени таяния одинаковой массы соответствующего льда при одинаковых условиях таяния.

Для экспериментального исследования мы использовали следующее оборудование: шприцы, ластики, колпачки от фломастеров длиной 8,5 сантиметрового деления шприца, вода, морозильная камера, секундомер (рис. 1).

Эксперимент проводился при комнатных условиях, при температуре 23 °С. В шприц наливалось 1 см³ воды и закачивалось некоторое количество воздуха, так что для разных опытов внутри шприца давление менялось от близкого к нулевому до атмосферного. После чего игла шприца втыкалась в ластик (для изоляции от поступления воздуха), поршень оттягивался и закреплялся в этом положении колпачком от фломастера. В итоге внутри шприца создавалось давление, меньшее атмосферного. Затем шприц с водой помещался в морозильную камеру. Там шприц ставился вертикально. Это было нужно для получения льда в одной и той же



Рис. 1. Оборудование для исследования льда

геометрической форме, близкой к цилинду, с целью создания одинаковых условий проведения опытов.

После замерзания шприц вынимался, а время от начала до конца таяния измерялось секундомером. При этом с целью достижения одинаковых условий таяния льда шприц раскупоривался для выравнивания внутреннего давления с атмосферным. В ходе опыта необходимо было следить, чтобы не возникало внешнего запотевания, так как оно могло повлиять на скорость таяния льда.

Затем процесс повторялся для льда. Каждый опыт дублировался три раза.

Получившийся лед по форме и цвету не отличался от обычного; но оказалось, что время, необходимое для таяния льда, зависит от давления, при котором он был получен. При этом время таяния льда, возникшего при пониженном давлении, всюду больше, чем такой же массы льда, образовавшегося при обычном атмосферном давлении. Это означает, что различаются либо количество тепла, необходимого для полного перехода в воду одной и той же массы соответствующего льда, либо теплопроводность этого льда. Тем самым подтверждалась выдвинутая ранее гипотеза о том, что свойства льда в космическом пространстве и на планетах Солнечной системы зависят от давления в окружающей среде при замерзании воды.

Был построен график зависимости времени таяния от давления в шприце при замораживании воды (рис. 2). По горизонтальной оси отложено давление в шприце в единицах атмосфер, а по вертикальной — отношение времени таяния льда, полученного при пониженном давлении в шприце, к времени таяния льда, полученного при давлении в 1 атмосферу.

Из графика видно, что свойства льда сложным образом зависят от давления при замерзании воды. Вероятно, это связано с тем, что свойства кристаллической решетки льда, а также пористость льда зависят от тех условий, в которых он возникает. При этом обращает на себя внимание отличие времени таяния льда, полученного при низком давлении (порядка 0,2—0,3 атм), от времени таяния льда при нормальном атмосферном давлении — до двух раз. Это означает, скорее всего, что при низком давлении образуется очень пористый лед, с теплопроводностью значительно меньшей, чем при нормальном земном атмосферном давлении. В то же время лед, возникший при почти нулевом давлении (практически в вакууме), тает, по сути, за то же самое время, что и лед, появившийся при обычном атмосферном давлении.

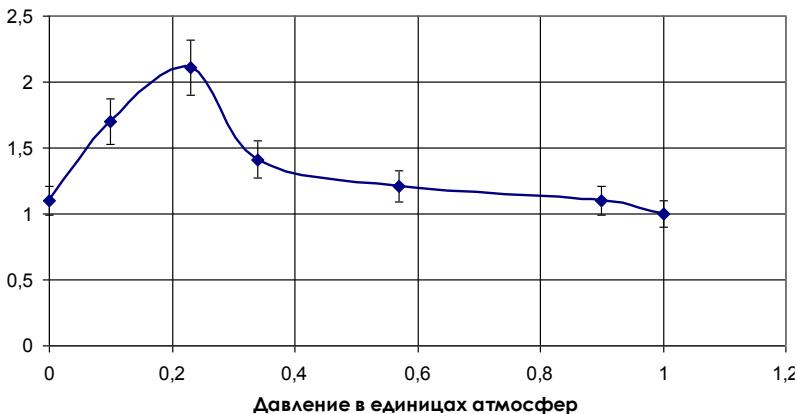


Рис. 2. Отношение времени таяния льда, полученного при атмосферном давлении, ко времени таяния той же самой массы льда, полученного при пониженном давлении.

Литература

1. Вода в космосе. — Режим доступа:
<http://tmn.fio.ru/works/129x/305/kosmos01.htm>.
2. Информация о проекте MARSES. — Режим доступа:
http://www.iki.rssi.ru/MARSES/rus_win/info.htm.
3. Ледяная броня юпитерианского спутника. — Режим доступа:
<http://k87394.chat.ru/nepoz/nepoz1.htm>.
4. Существование воды на Марсе. — Режим доступа:
<http://galspace.spb.ru/nature.file/watermars.html>.

Прибор для мониторинга загрязненности жидкости

**Коновалов Даниил
6 класс**

Научный руководитель М.А. Балакин



В настоящее время перед человечеством стоит проблема загрязнения окружающей среды. Особенно опасно загрязнение гидро- и атмосферы. Одним из важных орудий борьбы с экологической катастрофой являются различные методы контроля уровня загрязненности озер, рек и воздуха.

Мы попытались создать мобильную и простую установку, с помощью которой можно контролировать загрязнения как в гидро-, так и в атмосфере. Наша установка действительно проста: в ее состав входят только фотоэлемент, тестер, фонарик и емкость для проб воды. Суть работы установки в том, что при прохождении света сквозь исследуемую среду происходит его поглощение. Фотоэлемент генерирует напряжение, анализируемое тестером в зависимости от освещенности.

Для проверки работоспособности нашей установки мы провели ряд экспериментов. В наполненную водой емкость мы добавляли по 5 капель молока, тем самым создавая искусственный загрязнитель. Напряжение на фотоэлементе плавно падало в полном соответствии с нашими предположениями (рис. 1). Построив линию тренда, гладко описывающую наши экспериментальные точки, мы нашли ее уравнение, с помощью которого можно, измерив напряжение на фотоэлементе, вычислить процентное содержание примесей в жидкости. Работу установки мы проверили, измеряя загрязненность воды из-под крана и из реки. Вода, налитая из водопроводного крана, насыщена пузырьками воздуха, моделирующими взвесь. Поэтому сразу после наливаания количество «частиц» было велико (около 38 %). После отстаивания пузырьки исчезали, а примеси осаждались, и загрязненность понижалась до 5 %. Из этих опытов видно, что для измерения прозрачности воды наша установка пригодна.

К сожалению, этого нельзя сказать об измерении загрязненности воздуха. Эксперименты с введением в воздух аэрозолей и табачного

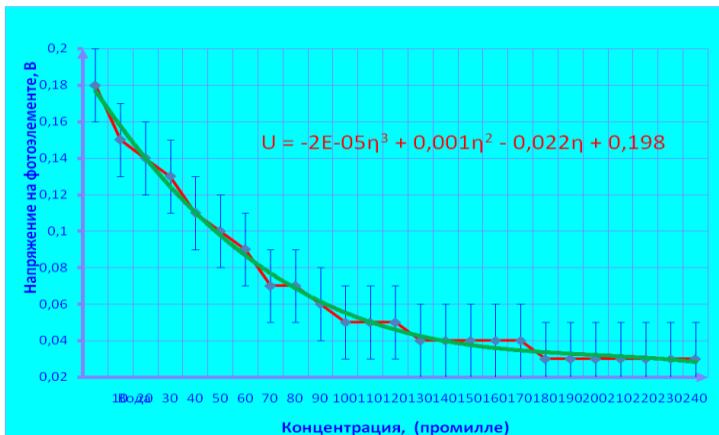


Рис. 1

дыма показали, что чувствительность установки для таких измерений мала. То есть присутствие примесей ощущалось — после одного вспрыска аэрозоли или дыма напряжение падало, но от дальнейших вспрысков ничего не менялось.

В результате мы можем констатировать, что наша установка позволяет более или менее уверенно анализировать количество примесей в жидкости, но для анализа атмосферных загрязнений не подходит.

Для реального применения данной установки необходимо внести в нее некоторые усовершенствования: изготовить непрозрачную емкость для проб воды с окошками, по размеру совпадающими с рассеивателем фонарика, подобрать фотоэлемент с хорошей чувствительностью и оптимальными размерами (наш был слишком велик для данной установки), продумать вопрос о том, как учесть неизбежное понижение уровня заряда в батареях фонарика.

В заключение можно сказать, что нам удалось создать мобильную, простую, доступную всем установку для анализа уровня загрязненности воды. С ее помощью можно проводить экспресс-мониторинг экологической обстановки в самых труднодоступных местах.

Литература

1. Применение фотоэлементов. — Режим доступа:
<http://www.energy-bio.ru/pfoto2.htm>.
2. Научный портал ВИНИТИ. — Режим доступа: <http://science.viniti.ru/index.php>.

**Создание
поляризационно нечувствительного спектрометра
для задач оптической когерентной томографии**

Кучев Ярослав Андреевич

11 класс

Научный руководитель П.А. Шилягин, мл. науч. сотрудник ИПФ РАН

В современной спектральной оптической когерентной томографии (ОКТ) существует необходимость использования спектральных элементов, эффективность которых не зависит от состояния поляризации принимаемого излучения. Эта необходимость связана с использованием гибких зондов для эндоскопических исследований, причем неоднородность спектральной системы по направлению поляризации исходного излучения может привести как к дрожанию восстановленного изображения, так и к его искажению. Основным спектральным элементом приемной системы ОКТ является дифракционная решетка, эффективность которой различна для излучения, поляризованного вдоль линий решетки и в перпендикулярном им направлении. Дифракционная решетка может быть скомпенсирована по эффективности для поляризаций за счет подбора горизонтального профиля штриха, однако это имеет ряд неудобств, связанных, в первую очередь, с необходимостью индивидуального подхода к каждому источнику излучения и относительно небольшой спектральной шириной скомпенсированной области.

Целью нашего исследования было изучение вопроса о возможности создания поляризационно независимого спектрометра для задач спектральной ОКТ. Спектрометр состоит из коллимирующей линзы, дифракционной решетки, фокусирующей линзы и приемного элемента. Дифракционная решетка имеет различную эффективность для излучения, поляризованного воль и поперек ее линий. В рабочей области эффективность решетки довольно сильно зависит от состояния поляризации исходного излучения (рис. 1). Этого эффекта можно избежать, если ввести в систему элемент, частично подавляющий излучение, проходящее дифракционную решетку с большей эффективностью (с-поляризованное излучение).

Излучение на входе системы может быть рассмотрено как сумма двух ортогонально поляризованных компонент. Направление поляризации, соответствующее направлению штрихов дифракционной решетки, обозначим I_s , а перпендикулярное ему — I_p : $I = I_s + I_p$. После

прохождения спектрометра интенсивность обеих поляризационных компонент изменится: $I'_s = \tau_s I_s$, $I'_p = \tau_p I_p$. На квадратичном фотодетекторе интенсивности ортогональных поляризаций складываются независимо: $I' = I'_s + I'_p = \tau_s I_s + \tau_p I_p = \tau_p(I_s + I_p) + I_s(\tau_s - \tau_p) = \tau_p I + (\tau_s - \tau_p) I_s \neq \alpha I$,

то есть сигнал на фотодетекторе не будет пропорционален полной интенсивности исходного сигнала, а значит, будет зависеть от начальной поляризации света на входе системы.

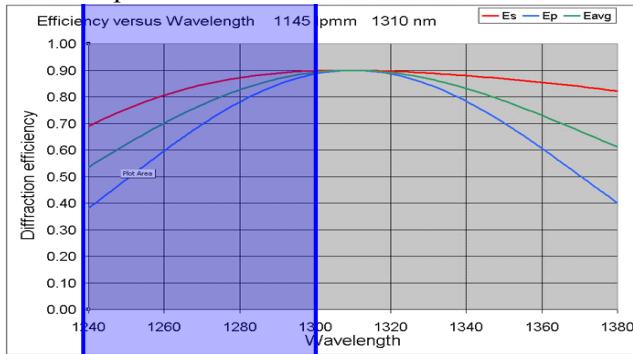


Рис. 1. Поляризационные искажения, вносимые дифракционной решеткой

Рассмотрим отношение интенсивностей ортогонально поляризованных компонент I_s / I_p :

$$\frac{I_s}{I_p} \rightarrow \eta \frac{I_s}{I_p} = \frac{I'_s}{I'_p},$$

где $\eta = \tau_s / \tau_p$. Таким образом, коэффициент η характеризует изменение состояния поляризации излучения, прошедшего через систему. Чтобы последнее не изменялось, необходимо потребовать выполнение равенства $\eta = 1$. Вводя в спектрометр элемент с коэффициентом изменения поляризации η' , можно получить отношение интенсивностей ортогональных поляризаций излучения, выходящего из системы:

$$\frac{I''_s}{I''_p} = \eta' \frac{I'_s}{I'_p} = \eta' \eta \frac{I_s}{I_p}.$$

При заданном η можно потребовать $\eta \eta' = 1$, тогда

состояние поляризации на выходе системы не изменится по отношению к исходному. Можно вычислить необходимый коэффициент изменения поляризации вводимого оптического элемента: $\eta' = 1/\eta$. Собственный коэффициент спектрометра η находится экспериментальным путем с помощью быстро вращающегося поляризатора, вводимого в спектрометр (рис. 2). В случае произвольной поляризации излучения на входе эта задача решается нелегко, поэтому на выходе системы с по-

мощью пластинок $\lambda/2$ и $\lambda/4$ создается поляризация, максимально близкая к круговой. Тогда интенсивность проходящего излучения оказывается не зависящей от положения поляризатора, и на осциллограмме фототока, принимаемого с фотоприемника, расположенного непосредственно за вращающимся поляризатором, наблюдается прямая линия, прерываемая глубокими провалами, соответствующими прохождению через исследуемый пучок непрозрачной метки, используемой для синхронизации развертки с вращением поляризатора. Различная эффективность дифракционной решетки для *s*- и *p*-поляризаций приводит к тому, что круговая поляризация становится эллиптической, что приводит к появлению модуляции на осциллограмме фототока при помещении приемника за дифракционной решеткой (рис. 2). Собственный коэффициент спектрометра η определяется по отношению максимального и минимального значений U_s / U_p (рис. 3).

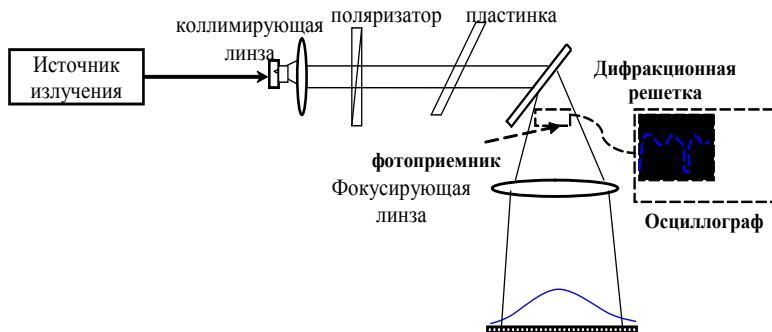


Рис. 2. Схема компенсируемого спектрометра

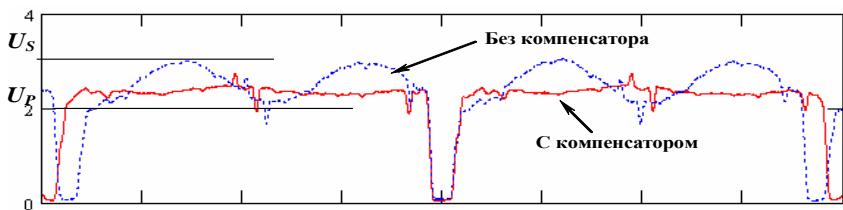


Рис. 3. Осциллограмма тока фотоприемника на выходе спектрометра: пунктир — без использования компенсатора, сплошная линия — с компенсатором

На рис. 3 видна не идеальность поляризатора, в частности, хорошо

различимы технологический разрыв пленки поляризатора и трещина на стекле, удерживающем пленку. Неоднородности, связанные с биением оси вала и шумом приемной системы, устраниены с помощью многократного усреднения. Эксперимент показал, что эффективный коэффициент спектрометра $\eta = 1,40$.

В качестве компенсирующего элемента можно использовать плоскопараллельную пластинку, вводимую под углом к анализируемому излучению (см. рис. 2). Коэффициент поляризации этой пластиинки при

$$\text{условии ее плоскопараллельности будет равен } \eta' = \left(\frac{\tau_s}{\tau_p} \right)^2 = \cos^4(\varepsilon - \varepsilon'),$$

где ε и ε' угол падения и угол преломления света, связанные законом Снеллиуса. С помощью подбора соответствующего угла падения можно добиться $\eta' = 1/\eta = 0,71$. При условии использования в качестве компенсатора стеклянной пластиинки с коэффициентом преломления $n = 1,51$ падение света необходимо обеспечить под углом $\varepsilon \approx 57^\circ$ (рис. 4).

На рис. 3 сплошной линией представлена осциллограмма тока фотоприемника после установки и точной настройки рассчитанной пластиинки в спектрометр. Фотоприемник устанавливается сразу после дифракционной решетки, как показано на рис. 2 пунктиром. Использование компенсатора позволяет существенно уменьшить неоднородность спектрометра по отношению к исходной поляризации света. Неполная выровненность поляризационной характеристики связана, в первую очередь, с неоднородностью поляризационной характеристики дифракционной решетки по спектру в рабочей области, что делает невозможной полную компенсацию поляризационной неоднородности спектрометра. Неодинаковость временного масштаба осциллограмм является следствием изменения напряжения питания электродвигателя вращения поляризатора.

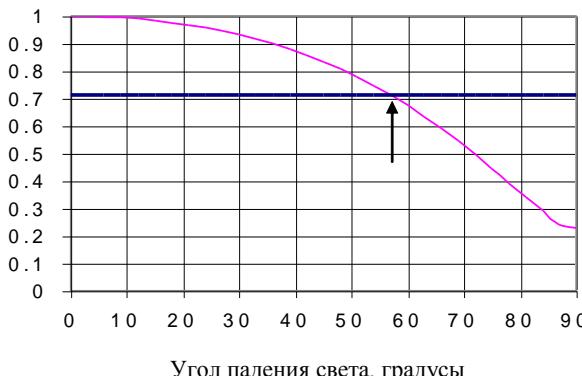


Рис. 4. Зависимость отношения интенсивностей компонент в выделенных плоскостях поляризации от угла падения света на границу раздела двух сред

Полученный спектрометр остается нечувствительным к изменению состояния поляризации входного излучения в широком диапазоне длин волн, который может быть перестроен под источник излучения с другой центральной длиной волны без существенных материальных затрат и изменения конструкции системы — за счет изменения угла наклона стеклянной пластиинки.

Таким образом, проведенные теоретические исследования показали возможность создания поляризационно нечувствительного спектрометра с помощью ведения в систему плоскопараллельной пластиинки с показателем преломления, больше единицы. Экспериментальные данные подтверждают теоретический расчет и указывают на возможность точной подстройки системы под заданные источник излучения и дифракционную решетку. Предложен и экспериментально апробирован способ компенсации поляризационных искажений в спектрометре, вызываемых неоднородностью эффективности дифракционной ре-

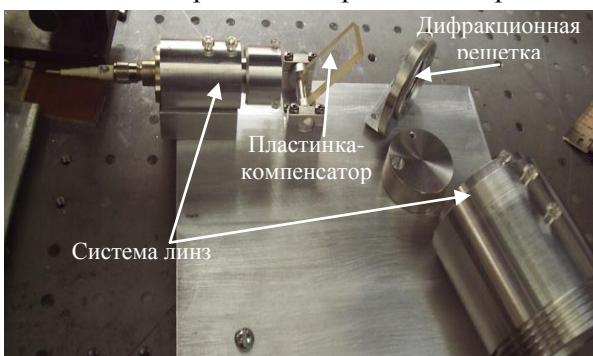


Рис. 5. Лабораторный макет поляризационно нечувствительного спектрометра

шетки для различных поляризаций исследуемого излучения. Построен нечувствительный к состоянию поляризации спектрометр для излучения (1270 ± 30) нм на дифракционной решетке 1145 штрихов на миллиметр. По результатам проведенной работы изготовлен действующий лабораторный макет (рис. 5).

Литература

1. *Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг.* — М. : Наука, 1976.
2. Электронная библиотека ИГЭУ. Электронные учебники. — Режим доступа: <http://www.ispu.ru/library/physics/tom3/HTML/fisics7.htm>.
3. *Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Т. 4. Оптика / Д.В. Сивухин.* — М. : Физматлит, 2002.
4. *Малыкин, Г.Б. К вопросу об измерении двулучепреломления в ОВС с собственными эллиптическими модами / Г.Б. Малыкин, Д.П. Степанов // Изв. вузов. Радиофизика.* 1989. Т. 32, № 8.
5. *Кошкин Н.И. Элементарная физика : справочник / Н.И. Кошкин, Е.Н. Васильчикова.* — М. : Столетие, 1996.
6. *Физика : большой энциклопедический словарь / под. ред. А.М. Прохорова.* — 4-е изд. — М. : Большая Российская энциклопедия, 1999.



Измерение магнитного поля постоянных магнитов

Мыльников Василий Михайлович
8 класс

Научный руководитель Н.И. Лапин

Человека пронизывают миллиарды магнитных полей различного происхождения. Мы привыкли к магниту и порой не подозреваем, сколько магнитов вокруг нас. В нашей квартире их десятки: в электро-бритьве, динамиках, магнитофоне, в сотовом телефоне и т. д. Сами мы тоже магниты: биотоки, текущие в нас, рождают вокруг причудливый пульсирующий узор магнитных силовых линий. Земля, на которой мы живем, — гигантский голубой магнит. Галактики и туманности, едва различимые радиотелескопами, — непостижимые по размерам магниты. Магнитное поле оказывает влияние на все живое. Еще нет человека, который мог бы сказать: «Я знаю о магните ВСЕ». Измерение магнитных полей, создаваемых магнитами, и полей, воздействующих на человека, которые создаются различными источниками и бытовыми приборами, представляет практический интерес.

Цель работы — научиться работать с датчиком магнитного поля, с его помощью определить зависимость магнитной индукции от расстояния между датчиком магнитного поля и постоянным магнитом.

Согласно гипотезе Ампера в атомах и молекулах вещества в результате движения электронов возникают кольцевые токи. В постоянных магнитах эти элементарные кольцевые токи ориентированы одинаково, поэтому магнитные поля, образующиеся вокруг каждого такого тока, имеют одинаковые направления. Эти поля усиливают друг друга, создавая поле внутри и вокруг магнита.

Вокруг каждого магнита может быть обнаружено магнитное поле. Это магнитное поле оказывает воздействие на другие магниты, магнитные материалы или движущиеся заряженные частицы. Значение магнитной индукции магнитного поля меняется в зависимости от расстояния до магнита, но всегда максимально на полюсах магнита.

Мы провели ряд экспериментов для определения зависимости магнитной индукции от расстояния между датчиком магнитного поля и постоянным магнитом, используя полосовой, дуговой и круглый магниты.

Основной элемент экспериментальной установки для измерения магнитной индукции — датчик магнитного поля. Чувствительный элемент датчика расположен на конце щупа и ориентирован так, что регистрируется составляющая индукции магнитного поля, направленная вдоль оси щупа. Действие чувствительного элемента основано на эффекте Холла. В магнитном поле на выходе чувствительного элемента появляется постоянное напряжение, которое прямо пропорционально составляющей вектора индукции магнитного поля. При изменении полярности магнита изменяется знак регистрируемой индукции. Датчик магнитного поля подключается к измерительному компьютерному блоку, получение данных и вывод их на экран осуществляют компьютерная программа L-микро. Программа позволяет регистрировать только временную зависимость. В данном эксперименте она используется как прибор, который показывает значение индукции магнитного поля. Определены зависимости магнитной индукции от расстояния между датчиком магнитного поля и постоянным магнитом. По результатам экспериментов построены графики зависимости $B(r)$ (рис. 2).

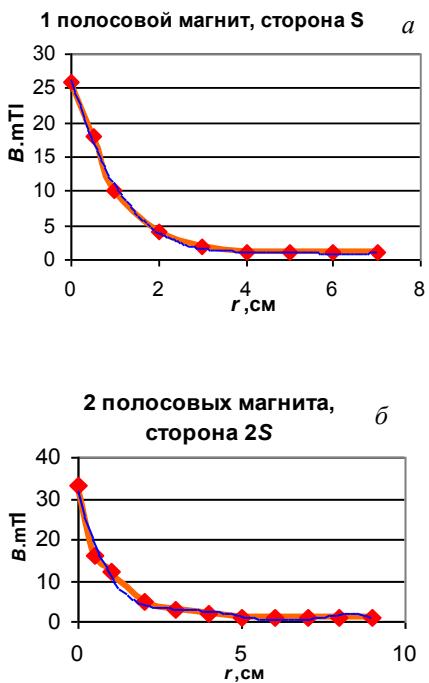


Рис. 2. Зависимость магнитной индукции от расстояния от магнита для полосового магнита (а) и двух полосовых наложенных друг на друга магнитов (б)

В проведенной экспериментальной работе были сделаны следующие выводы:

- Магнит обладает наибольшей магнитной индукцией на полюсах. Она быстро спадает с увеличением расстояния от полюса. Вокруг магнитов поле неоднородно.
- Два сложенных вместе полосовых магнита дают большее значение магнитной индукции, чем один полосовой магнит, но результат не является алгебраической суммой магнитной индукции двух магнитов.

Измерение магнитных свойств — сложная и интересная проблема.

В ходе данной работы были изучены основное понятие теории магнетизма: «магнитное поле», основные характеристики постоянных магнитов, эффект Холла, лежащий в основе действия датчика магнитного поля. Измерены величины магнитной индукции исследованных полосовых, дугового и круглого магнитов, которые лежат в пределах 0,2—100 мТл.

Перспективы дальнейших исследований: измерение индукции магнитных полей, действующих на человека, которые создаются различными источниками и бытовыми приборами. Эту задачу можно решить, собрав прибор, работа которого основана на законе электромагнитной индукции Фарадея. По измерениям можно составить диаграмму «вредности-полезности» магнитного поля, порождаемого бытовыми приборами.

Литература

1. Ельянов, М.М. Практикум по радиоэлектронике : учебное пособие для учащихся 9 и 10 классов / М.М. Ельянов. — М. : Просвещение, 1971. — 336 с.
2. Борисов, В.П. Юный радиолюбитель / В.П. Борисов. — 7-е изд., перераб. и доп. — М. : Радио и связь, 1986. — 440 с.
3. Горбушин, Ш.А. Азбука физики : опорные конспекты для изучения физики за курс средней общеобразовательной школы : экспериментальные материалы / Ш.А. Горбушин. — Ижевск : Удмуртия, 1992. — 256 с.
4. Магнетизм. — Режим доступа: <http://fismat.ru/fis/dinam/magnet/4.htm>.
5. Энциклопедия магнетизма. — Режим доступа: <http://www.valtar.ru/magnetic.htm>.
6. Яворский, Б.М. Справочник по физике / Б.М. Яворский, А.А. Детлаф. — М. : Наука, 1968.

Моделирование вольтова столба

Раксин Александр

6 класс

Научный руководитель А.Ф. Беленов,
канд. физ-мат наук, доцент НИРО



Как можно определить причину, если не определить не только качество, но и количество и интенсивность явлений?

Алессандро Вольта

Мы часто используем переносимые компактные источники электричества. Пульт дистанционного управления телевизора, цифровой фотоаппарат и мобильный телефон не будут работать, если из них вынуть элементы питания — батарейки или аккумуляторы. Я заинтересовался, как работает батарейка.

Мне кажется, важно знать историю создания батарейки — на этом примере можно проследить связь теоретических и практических научных достижений. Понимание принципа устройства батарейки полезно и с практической точки зрения — для пользователя важно знать меры предосторожности (возможно, «внутренности» батарейки содержат вредные химические вещества).

Я попробовал самостоятельно сконструировать батарейку по описаниям, сделанным изобретателем батарейки Алессандро Вольтой. Целью моей работы было исследование возможностей практического применения такой батарейки. Для этого я изготовил из подручных средств вольтов столб и исследовал, как долго батарейка удерживает электричество (при слабом токе), как меняется напряжение при наращивании количества элементарных батареек. Источником для исследования послужили опубликованные материалы, посвященные истории создания вольтова столба, материалы по устройству и принципу действия современных батареек и собственные экспериментальные данные.

Сначала я сделал элемент батарейки, состоящий из двух монет из разных металлов (10-копеечная монета из желтого металла и 5-копеечная монета из белого металла). Между монетами я проложил кусочек бумажной салфетки, смоченной в солевом растворе (насыщенный раствор соли). Полученный элемент я зажал прищепкой и подсоединил контактные провода цифрового вольтметра. Таким обра-

зом я измерил напряжение на одном элементе вольтова столба. Затем я заменил солевой раствор в прокладке между монетами на концентрированный содовый. Показания вольтметра я снимал через каждые 20 минут в течение 12 часов подряд. Полученные результаты (4 серии наблюдений, то есть 4 разных дня наблюдений) я изобразил в виде графика (рис. 1). Можно отметить, что для содового раствора в элементе Вольты напряжение в течение дня более устойчиво, хотя сами значения напряжения не столь велики по сравнению с наибольшими значениями напряжения для солевого раствора. Для солевого раствора характерны более резкие смены напряжения.

Техническая проблема, с которой я столкнулся, — как зафиксиро-

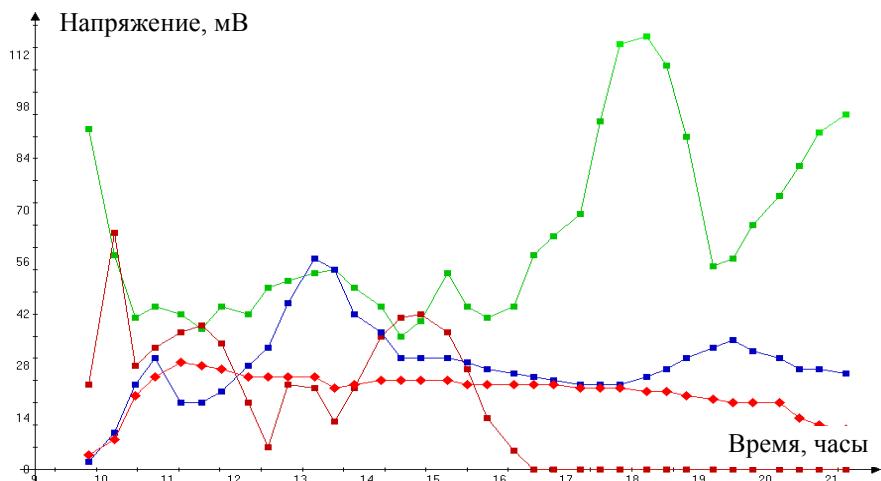


Рис. 1. Зависимость напряжения на одном элементе вольтова столба от времени

вать отдельные элементы в батарею. Я поместил батарею в 20-граммовый шприц, закрепив столбик монет поршнем. Чтобы подвести к столбу провода от вольтметра, я сделал по бокам шприца отверстия для них. Ниже приведен график зависимости напряжения на концах вольтова столба от числа элементов (рис. 2).

Такой результат я счел отрицательным, так как вместо ожидаемого увеличения напряжения с ростом числа элементов мы получили скачки напряжения.

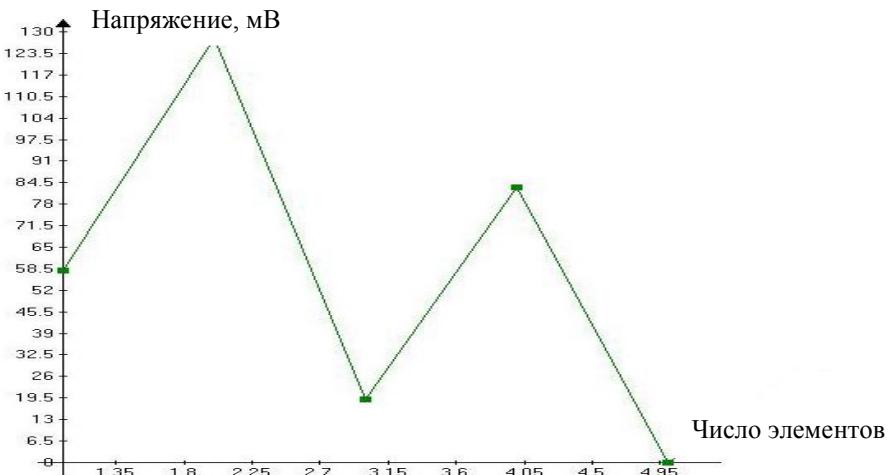


Рис. 2. Зависимость напряжения на концах вольтова столба от числа элементов

«Отрицательный результат — это тоже результат» — известная поговорка. Но это справедливо только тогда, когда мы задумываемся о причинах неудач и ищем новое решения проблемы.

Я обнаружил, что сами монеты — современные 5 и 10 копеек — не очень-то разные: обе они одинаково хорошо притягиваются магнитом. Контактные поверхности между соседними элементами требовали усовершенствования: необходимо было спилить бортики и гравировку у монет. Если прокладка между разными металлами слишком влажная, то раствор соли (или соды) попадает туда, где его не должно быть — на контакт металлов без прокладки.

Подумав над вышенназванными причинами неудачи, я сделал следующее:

- заменил металлические части элементов Вольты на монеты времен СССР — 15 копеек (белый металл) и 2 копейки (желтый металл, не пропадающий при спиливании);
- отполировал монеты с помощью абразивного бруска;
- взял в качестве материала для прокладок тонкий войлок.

Результаты моих усовершенствований таковы:

1. Напряжение в течение дня стало более устойчивым (как и ранее, показания снимались каждые 20 минут) (рис. 3).

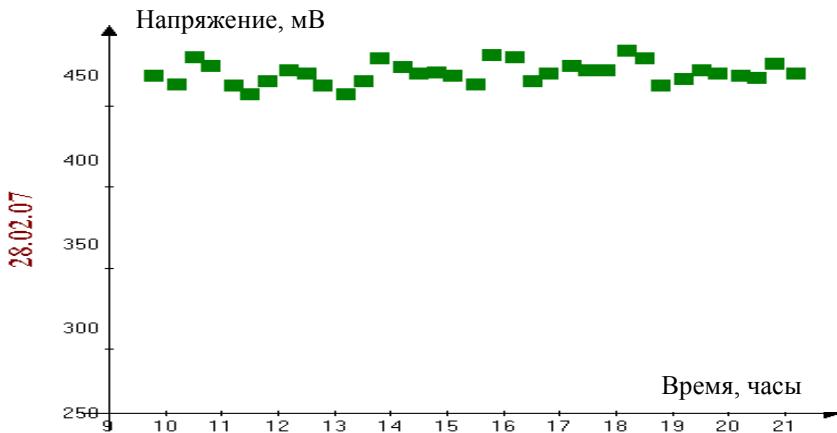


Рис. 3. Зависимость напряжения на одном элементе Вольты (соль)
от времени суток

2. Напряжение на батарее растет с увеличением числа элементов, хотя значение напряжения получилось не пропорциональным числу элементов — напряжение на батарее меньше ожидаемого. Наращивание производилось от одного до пяти элементов 5 раз подряд, общее время эксперимента — 30 минут.

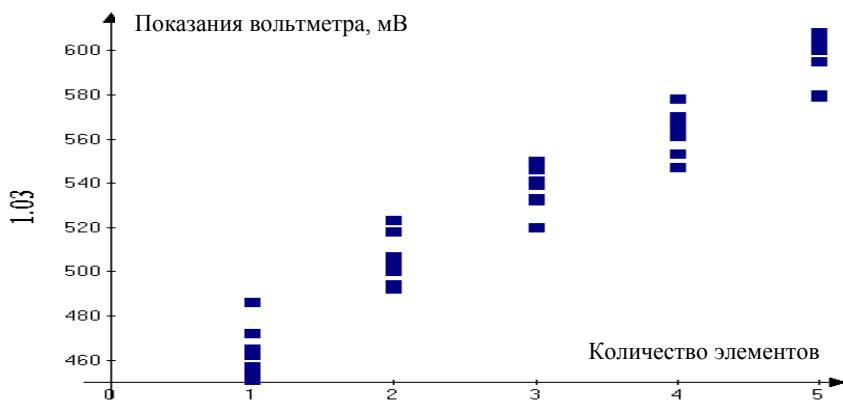


Рис. 4. Зависимость напряжения на батарее
от числа элементов

Несмотря на достигнутые результаты — получение устойчивого напряжения на одном сконструированном мною элементе Вольты и построение вольтова столба, увеличивающего напряжение по сравнению с одним элементом, — я не получил того, чего хотел — батареи, способной зажечь маленькую электрическую лампочку.

Я стал интересоваться процессами, которые происходят внутри вольтовой батарейки. При контакте двух разных металлов через раствор соли или соды на контактных поверхностях металлов происходят химические реакции. При этом важно, чтобы контактные поверхности соседних элементов батареи были сухими.

И все-таки я хочу достичь своей цели — зажечь электрическую лампочку от изготовленной мною батарейки! Я планирую придумать способ размещения батареи с вертикальным расположением металлических пластин, используя вместо монет кусочки оцинкованного железа и медной фольги.

Литература

1. Голин, Г.М. Классики физической науки / Г.М. Голин, С.Р. Филонович. — М. : Высшая школа, 1989.
2. Льоцци, М. История физики / М. Льоцци ; пер. с итал. Э.Л. Бурштейна. — М. : Мир, 1970.
3. Розенбергер, Ф. История физики. Ч. 3, вып. 2 / Ф. Розенбергер. — М. ; Л., 1936.
4. Википедия. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
5. Historik.ru: Книги по истории. — Режим доступа: <http://historik.ru>.

Дополнительный интерферометр для системы оптической когерентной томографии на базе интерферометра Физо

Савинов Арсений Владимирович
9 класс

Научный руководитель П.А. Шилягин,
мл. науч. сотрудник ИПФ РАН



Оптическая когерентная томография (ОКТ) является новым методом получения изображений поперечного сечения приповерхностных структур биологического объекта с высоким пространственным разрешением (около единиц микрон) [1]. В основе ОКТ лежит принцип измерения сигнала интерференции между опорной волной и излучением, рассеянным в объекте исследования. По этому сигналу восстанавливается профиль функции рассеяния в объекте, что позволяет получать сведения о его внутренней структуре. Исследования проводятся в ближней ИК-области электромагнитных излучений (рис. 1), в которой глубина проникновения излучения в приповерхностные слои биологических тканей составляет около 2—3 мм.

После создания волоконно-оптического эндоскопического зонда основными приложениями метода ОКТ стали эндоскопические прижизненные исследования слизистой внутренних органов человека [2]. Спецификой подобных исследований является использование клинического прибора со сменными зондами. При традиционной реализации метода ОКТ на основе интерферометра Майкельсона обеспечение идентичных оптических параметров сменных зондов является серьезной проблемой. Для сохранения предельного пространственного разрешения метода ОКТ необходимо обеспечить идентичность дисперсионных характеристик зондов, чему препятствует разброс параметров оптических волокон. Проблему идентичности эндоскопических зондов можно решить, если использовать в качестве базового воздушный интерферометр Физо [3, 4]. В таком интерферометре одним из отражателей является оптическая поверхность выходного торца волокна зонда, а вторым — исследуемый объект. Оптические схемы с интерферометром Физо содержат общий оптический путь для опорной и сигнальной волн и не вносят искажений в интерференционный сигнал.

Ввиду конструктивных особенностей длина измерительной базы интерферометра Физо в 5—6 раз превышает глубину наблюдения объекта, что приводит к увеличению затрат на обработку ненужной информации. Одним из возможных вариантов решения данной проблемы является использование дополнительного интерферометра, компенсирующего большую длину измерительной базы интерферометра Физо [5].

Настоящая работа посвящена исследованию возможных схем организации дополнительных интерферометров. Основной целью является нахождение конфигурации системы, при которой возможно получить максимальный полезный сигнал, то есть максимальную глубину модуляции полезной составляющей сигнала.

Интерференция в интерферометре Майкельсона

Интерферометр Майкельсона схематично представлен на рис. 1, где r — коэффициент отражения по интенсивности от соответствующего зеркала, I_0 — интенсивность входящего излучения, α — коэффициент, характеризующий прохождение света через делитель.

При наличии интерференции интенсивность суммарного излучения пропорциональна квадрату суммарного поля и не равна сумме интенсивностей отдельных излучений:

$$I = (E_1 + E_2)^2 \neq I_1 + I_2 = E_1^2 + E_2^2, \quad (1)$$

где E — величина амплитуды напряженности переменного электромагнитного поля с точностью до размерного множителя, нижний индекс соответствует выбранному плечу интерферометра.

Пусть излучение представляет собой монохроматическую волну с частотой ω . Тогда поле излучения на расстоянии l от источника при отсутствии потерь может быть представлено в виде

$$E = E_0 \cdot \cos(\omega t - kl), \quad (2)$$

где E_0 — амплитуда волны, t — текущий момент времени, k — волновое число, определяемое формулой $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$, где λ — длина волны излучения, c — скорость света.

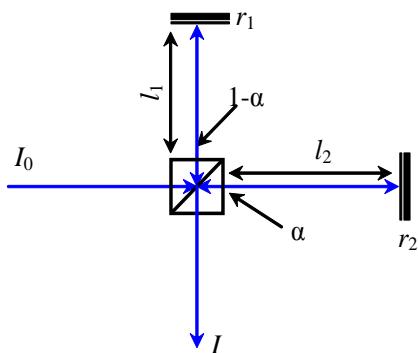


Рис. 1

Введем обозначения $L_{1,2} = 2l_{1,2}$, $R_{1,2} = \sqrt{\alpha(1-\alpha)r_{1,2}}$ в соответствии с рис. 1. Согласно выражению (1) интенсивность излучения на выходе интерферометра примет вид:

$$I = E_0^2((R_1 \cos(\omega t - kL_1))^2 + 2R_1 R_2 \cos(\omega t - kL_1) \cos(\omega t - kL_2) + R_2 \cos(\omega t - kL_2)^2). \quad (3)$$

После раскрытия скобок равенство (3) преобразуется к виду:

$$I = \frac{I_0}{2}[R_1^2 + R_2^2 + 2R_1 R_2 \cos(k\Delta L)], \quad (4)$$

где $I_0 = E_0^2$, $\Delta L = L_2 - L_1$.

Для оптимизации системы (получения наибольшего полезного сигнала) требуется обеспечить максимальное значение глубины модуляции. Нетрудно показать, что глубина модуляции полезным сигналом зависит только от конфигурации системы и никак не зависит от начальной интенсивности излучения. В случае интерферометра Майкельсона глубина модуляции определяется только коэффициентами отражения от зеркал в интерферометре и не зависит от коэффициента пропускания делительного элемента:

$$\nu_M = 2 \frac{\sqrt{r_1 r_2}}{r_1 + r_2}. \quad (5)$$

Максимальное значение глубины модуляции достигается при $r_1 = r_2 = r$, а оптимальными с точки зрения получения максимального абсолютного сигнала интерференции являются $r_1 = r_2 = r = 1$.

Схема с интерферометром Физо

Рассмотрим систему на основе интерферометра Физо, в которую введен интерферометр Майкельсона (рис. 2). Роль делительного элемента в волоконном интерферометре Майкельсона выполняет волоконный делитель 50/50. После выхода из интерферометра Майкельсона излучение попадает на оптический циркулятор, откуда поступает в зондовую часть установки, оканчивающуюся интерферометром Физо. Интерферометр Физо образуется торцом оптического волокна, сколотого нормально к собственной оси, и непосредственно объектом исследования. Характерная величина отражения по мощности от нормально сколотого троца волокна составляет около 4 %, отражение от объекта — около 10^{-6} , поэтому получившийся интерферометр будет однопроходовым. Обе волны, прошедшие через интерферометр Майкельсона, проходят через зонд независимо, результирующая интенсивность излучения в

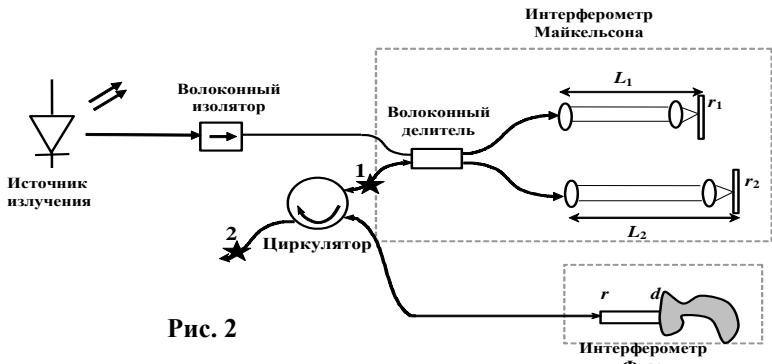


Рис. 2

точке 2 (рис. 2) пропорциональна квадрату напряженности электрического поля:

$$I = E_{\Phi}^2 = E_0^2 \left[R_1 \cos(\omega t - kL_1)R + R_1 \cos(\omega t - kL_1 - kL)D + \right. \\ \left. + R_2 \cos(\omega t - kL_2)R + R_2 \cos(\omega t - kL_2 - kL)D \right]^2. \quad (6)$$

После преобразований выражение (8) перепишется в виде:

$$I = \frac{E_0^2}{2} \left[\begin{aligned} & \left(R_1^2 + R_2^2 \right) \left(R^2 + D^2 \right) + \\ & + \left(R_1^2 + R_2^2 \right) RD \cos(kL) + R_1 R_2 \left(R^2 + D^2 \right) \cos(k[\Delta L]) + \\ & + R_1 R_2 RD \left(\cos(k[\Delta L + L]) + \cos(k[\Delta L - L]) \right) \end{aligned} \right]. \quad (7)$$

В реальной системе ОКТ, использующей интерферометр Физо, длина последнего L определяется технологическими особенностями изготовления и характеризуется размерами порядка 10 мм. Глубина исследуемой области составляет около 2 мм, соответственно и разность длин плеч интерферометра Майкельсона ΔL подбирается приблизительно равной длине интерферометра Физо L . Излучение, используемое в ОКТ, является широкополосным, и его длина когерентности много меньше, чем указанная ранее характерная длина интерферометра Физо [5]. Это означает [6], что компоненты с относительными задержками порядка и больше L интерферировать не будут. С учетом этого выражение (7) перепишется следующим образом:

$$I = \frac{E_0^2}{2} \left[\left(R_1^2 + R_2^2 \right) \left(R^2 + D^2 \right) + R_1 R_2 RD \left(\cos(k[\Delta L - L]) \right) \right]. \quad (8)$$

Глубина модуляции для описываемой системы из двух интерферометров запишется в следующем виде:

$$v_{MF} = \frac{R_1 R_2 RD}{(R_1^2 + R_2^2)(R^2 + D^2)} = \frac{\sqrt{r_1 r_2}}{r_1 + r_2} \cdot \frac{\sqrt{rd}}{r+d} = v_M \frac{\sqrt{rd}}{r+d}. \quad (9)$$

Произведение двух функций принимает максимальное значение в той области, где максимума достигает каждая из функций. Параметры r и d интерферометра Физо задаются жестко материалом зонда и рассеянием в объекте, глубина модуляции в интерферометре Майкельсона достигает максимального значения при $r_1 = r_2$, а оптимальными с точки зрения получения максимального абсолютного значения сигнала интерференции являются $r_1 = r_2 = 1$.

Заключение

В ходе проделанной работы были сформулированы требования к интерферометру Майкельсона, компенсирующему большую длину базы интерферометра Физо в системе оптической когерентной томографии. Показано, что при использовании интерферометра Майкельсона в качестве как базового, так и дополнительного для получения оптимальных значений полезного сигнала необходимо добиваться идентичности коэффициентов отражения в обоих его плечах. При этом для использования интерферометра Майкельсона в качестве дополнительного с интерферометром Физо желательно обеспечить максимальное возможное отражение в обоих плечах.

Литература

1. *Huang D., Swanson E.A., Lin C.P., Schuman J.S., Stinson W.G., Chang W., Hee M.R., Flotte T., Gregory K., Puliafito C.A., Fujimoto J.G.* // *Science*. 1991. V. 254, № 5035. P. 1178.
2. *Feldchtein F.I., Gelikonov G.V., Gelikonov V.M., Iksanov R.R., Kuranov R.V., Sergeev A.M., Gladkova N.D., Ourutina M.N., Warren J.A., Jr., Reitze D.H.* // *Optics Express*. 1998. V. 3, № 6. P. 239.
3. *Drake A.D., Leiner D.C.* // *Rev. Sci. Instrum.* 1984. V. 55, № 2. P. 162.
4. *Feldchtein F.I., Bush J., Gelikonov G.V., Gelikonov V.M., Piyeovsky S.* // *Coherence Domain Optical Methods and Optical Coherence Tomography in Biomedicine IX : Proc. SPIE*. San Jose, California, USA, 2005. P. 349.
5. Геликонов, Г.В. Оптимизация метода оптической когерентной томографии на базе интерферометров Физо и Майкельсона / Г.В. Геликонов, В.М. Геликонов, П.А. Шилягин // Известия РАН. Серия физическая. 2008. Т. 72, № 1. С. 104.
6. Мякишев, Г.Б. Физика : учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений / Г.Б. Мякишев, Б.Б. Буховцев. — 11-е изд. — М. : Специальная литература : Просвещение, 2003. — С. 185—188.



Исследование электропроводности воздуха с помощью электрометра

Садова Дарья Дмитриевна

7 класс

Научный руководитель А.Ф. Беленов, канд. физ.-мат. наук,
доцент НИРО

В асфальтном зеркале
Сухой и мутный блеск
И электрический
Над волосами треск.

B.Ф. Ходасевич

В повседневной жизни мы нередко сталкиваемся с явлениями электризации — способностью предметов приобретать электрический заряд. При работе с запоминающими флэш-картами (мобильный телефон, фотоаппарат, запоминающие устройства с USB-выходом) мы имеем дело со слабыми электрическими сигналами. Мне кажется, что присутствие рядом с такими устройствами наэлектризованных тел может повредить или совсем испортить флэш-карты. Поэтому исследование поведения заряженных тел мне представляется актуальным.

Целью настоящей работы было с помощью несложных приборов (измерителя влажности и электрометра) исследовать, от каких факторов зависит способность предметов удерживать электрический заряд, изучить проводимость воздуха. В данной работе я ознакомилась с природой электризации, привела экспериментальные доказательства появления электрического заряда на поверхности тел, экспериментально определила (электрометром) время потери предметами электрического заряда с изменением атмосферных условий: степени насыщенности воздуха ионами, влажности воздуха. Известно большое количество занимательных экспериментов по электризации различных объектов. Я остановилась на одном из таких опытов для иллюстрации этого явления. Можно разделить перец и соль с помощью электризации (рис. 1).

Мною были проделаны три серии экспериментов, моделирующих различные атмосферные условия, — разную влажность и разную насыщенность воздуха ионами.

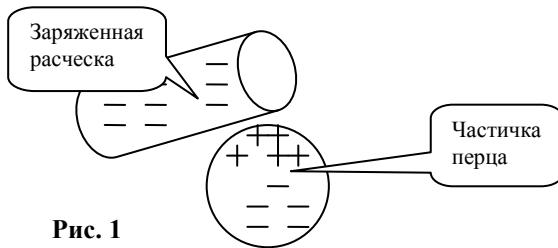


Рис. 1

1. При помощи шерсти я наэлектризовала эbonитовый круг и зарядила электрометр. При нормальных комнатных условиях наблюдала за разрядкой электрометра. Аналогично действовала при различной повышенной влажности. Влажность я измеряла с помощью гигрометра — психрометра.

2. Во второй серии экспериментов электрометр разряжали со снятым шаром. Для каждой влажности и состояния электрометра (с шариком, без шарика) опыты проделывали по 3 раза. Зарядка электрометра производилась в сухом помещении, и лишь затем он вносился во влажное. Иначе зарядить его не представлялось возможным из-за слишком быстрого стекания заряда.

3. В третьей части экспериментов (моделирование грозовой активности — повышенного содержания ионов в воздухе) в пространстве между шариком и корпусом создавались электрические разряды с помощью пьезозажигалки для газовой плиты.

По полученным результатам опытов 1 и 2 был построен график (рис. 2).

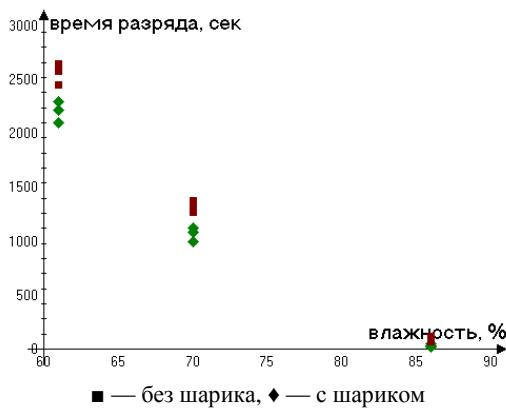


Рис. 2

В третьем опыте время разряда составляло менее 1 с, то есть более чем в 10 раз меньше, чем при самой высокой влажности в опытах 1 и 2.

В результате исследования я пришла к следующему выводу: от насыщенности свободными зарядами проводимость воздуха зависит достаточно сильно — с помощью искры мы смоделировали грозовую активность. Это значит, что во время грозы не стоит работать с ноутбуком даже при автономном питании — замыкание открытых входов, в частности для карт памяти, может вывести ваш ценный инструмент из строя!

А вот результат опыта со снятием шарика не был так очевиден заранее —казалось, что с уменьшением емкости время разряда будет тоже уменьшаться. Однако фактор увеличения сопротивления току зарядов между вершиной и корпусом электрометра оказался сильнее.

В дальнейшем я планирую более детально исследовать время разряда при различных насадках на электрометр, в частности плоских пластинах с изменяемой площадью. Также я думаю о том, как можно более точно измерить время разряда.

Литература

1. *Перышкин, А.В.* Физика : учебник для 8 классов средней школы / А.В. Перышкин. — М. : Дрофа, 2000.
2. Энциклопедия для детей. Физика. Т. 1. — М. : Аванта +, 2005.
3. Википедия. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki>.
4. *Голин, Г.М.* Классики физической науки / Г.М. Голин, С.Р. Филонович. — М. : Высшая школа, 1989.
5. *Льоцци, М.* История физики / М. Льоцци ; пер. с итал. Э.Л. Бурштейна. — М. : Мир, 1970.

Измерение фазовых искажений излучения при его отражении от поверхности оптического элемента

Селезнев Алексей Федорович
9 класс

Научный руководитель И.Л. Снетков, мл. науч. сотрудник ИПФ РАН

В XX веке наука сделала огромный шаг вперед. Одним из наиболее значимых изобретений XX века стал лазер. Первый работающий лазер был сделан Теодором Майманом в 1960 году. Как известно, лазеры — это генераторы и усилители когерентного оптического света. Лазер (англ. LASER — Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation — усиление света с помощью вынужденного излучения) — устройство, использующее квантово-механический эффект вынужденного (стимулированного) излучения для создания когерентного потока света. Лазеры созданы на стыке двух наук — квантовой механики и термодинамики. Их используют как источники когерентного и монохроматического света.

Существуют различные типы лазеров: на монооксиде углерода, гелий-неоновые, аргоновые и др. Лазеры применяются в самых различных областях: от коррекции зрения и до управления транспортными средствами и космическими полетами.

Наша работа основана на использовании оптического явления интерференции, подтверждающего волновую природу света. Впервые понятие интерференции было введено английским физиком Томасом Юнгом, который утверждал, что свет, отраженный от нескольких препятствий, воспринимается как результат совместного действия нескольких волн. Так впервые появилось понятие интерференции — взаимного усиления или ослабления световых волн при их одновременном действии. Сейчас широко применяются приборы интерферометры, в основу действия которых положено использование явления интерференции. Существует несколько конструкций интерферометров. Одна из самых распространенных — конструкция Альберта Майкельсона. В его аппарате свет от источника попадает на стеклянную пластину с тонким отражающим покрытием. Эта пластина, отражая свет, делит пучок надвое. Далее каждый из пучков идет по своему пути, падает на собственное зеркало, отражается от него и возвращается к делительной пластине. На делительной пластине оба луча встречаются, частично отражаясь в сторону источника света, а частично в сторону экрана, на котором возможно наблюдать возникающую при сло-

жении лучей картинку. С помощью этого высокоточного прибора можно измерять перемещение тел, толщину пластин, длины световых волн.

В нашем исследовании мы использовали интерферометр, конструкция которого существенно отличается от конструкции аппарата Майкельсона (рис. 1). Целью эксперимента было получение и обработка интерференционных картин, которые являются результатом сложения двух световых волн: волны, отраженной от эталонной пластины, и волны, отраженной от поверхности исследуемой поверхности. Обрабатывая эти интерференционные картины, мы сможем судить об искажениях, вносимых поверхностью исследуемого элемента, в фазу второго луча и, следовательно, о качестве его поверхности.

Данная установка позволяет измерять искажения фазы пробного излучения, отраженного от исследуемого элемента. В качестве источника пробного излучения в данном случае используется Не-Не-лазер 1, излучающий на длине волны 633 нм. Непосредственно после самого лазера находится коллимирующий объектив 2. Далее излучение попадает на узел совмещения волновых фронтов 3, состоящий из двух полупрозрачных зеркал. Его роль заключается в пространственном (и угловом) совмещении интерферирующих пучков. Одно из полупрозрачных зеркал закреплено на пьезодатчиках, при помощи которых можно менять расстояние между зеркалами и, следовательно, изменять разность хода между соответствующими интерферирующими лучами. Рассматриваются два луча: один — проходящий узел совмещения насквозь, второй — испытавший два переотражения от поверхности узла совмещения. Далее эти два луча проходят через полупрозрачное зеркало 4 и отражаются от эталонного образца 5 и от исследуемого элемента 6. В зависимости от того, какая граница исследуемого элемента участвует в возникновении интерференционной картины, можно получать информацию как о его поверхности, так и о его объеме.

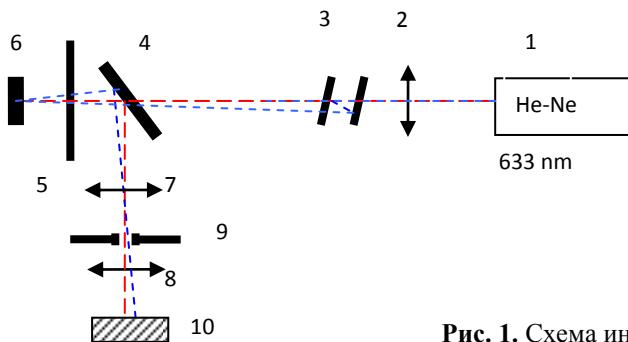


Рис. 1. Схема интерферометра

Объективы 7 и 8 переносят изображение с исследуемого образца на камеру 10. Диафрагма 9 находится в фокусной перетяжке объективов 7 и 8 и отсекает лишние блики, порожденные в элементах оптической системы. Изображение интерференционных картин с камеры подается на персональный компьютер, где обрабатывается специальным программным кодом. Программный код позволяет по нескольким интерференционным картинам восстановить фазовое распределение, являющееся разностью набегов фаз в первом и втором луче. Впоследствии определяются среднее значение фазовых искажений и их среднеквадратичное отклонение. Благодаря оригинальной конструкции интерферометр может проводить измерения с точностью до $\lambda/1000$ по лучу и 1 мм поперек луча. Недостатком данной системы является ее повышенная чувствительность к различным внешним вибрациям, что зачастую снижает точность измерений, а порой вовсе не позволяет проводить измерения. Максимальные искажения, которые можно измерить данной установкой, должны быть меньше длины волны лазерного излучения, с помощью которого будут проводиться измерения (в нашем случае 633 нм). В противном случае полученные в ходе опыта результаты будут неверными, и мы не сможем с полной уверенностью судить о неровностях поверхности. Нами был экспериментально исследован образец из оптического стекла марки К8. Измерены среднее значение фазовых искажений и их среднеквадратичное отклонение. Образец в центральной части имеет достаточно ровную поверхность (перепад высот примерно 5—7 нм) и большие неоднородности по краям (при мерно 30—50 нм). Среднеквадратичное отклонение фазовых искажений составило 2,5—3,5 нм.

На сегодняшний день исследовательские работы такого рода весьма актуальны, ведь все исследования в этой области будут способствовать увеличению точности измерений и улучшению конструкций интерферометров, а также позволят контролировать качество поверхности оптических элементов, что немаловажно для изготовления высокоточных оптических приборов.

Литература

1. Селиверстов, А. Интерференция света // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц. — М., 2003. — С. 69—73.
2. Селиверстов, А. Волновая оптика // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц. — М., 2003. — С. 58—64.
3. Федосеев, И. Элементы квантовой теории конденсированных сред // Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2. Электричество и магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц. — М., 2003. — С. 246—248.



Моделирование генерации средних течений стоячими поверхностными волнами в жидкости

Степанова Марина Владиславовна

11 класс

Научный руководитель О.С. Ермакова,
мл. науч. сотрудник ИПФ РАН

В настоящее время существует очень важная океанологическая проблема, связанная с исследованием возникновения перемешивания в верхнем слое океана. Задача перемешивания является очень важной с точки зрения газообмена и переноса вглубь различных (химических, органических) веществ с поверхности жидкости. Одним из возможных механизмов, приводящих к перемешиванию, являются средние течения, возбуждаемые стоячими поверхностными волнами. Данное исследование посвящено лабораторному моделированию таких течений. Методика исследования включает в себя анализ опубликованных материалов, лабораторный эксперимент и математический анализ.

Течения, возбуждаемые стоячими поверхностными волнами в жидкости, в литературе практически не обсуждались, и к настоящему моменту существует очень мало работ, посвященных этому вопросу. В числе этих работ книга Д.В. Любимова, Т.П. Любимовой, А.А. Чепропанова «Динамика поверхностей раздела в вибрационных полях» [1] и статьи группы ученых ИПФ РАН, в которых была описана теоретическая модель течений, генерируемых стоячими поверхностными волнами в жидкости [2, 3]. В работе [2] в рамках анализа основных гидродинамических уравнений с учетом вязкости получена формула, связывающая скорость течений и амплитуду волн. Было показано, что скорость пропорциональна квадрату амплитуды поверхностного волнения. Целью нашего исследования является экспериментальное подтверждение существования таких течений и сравнение их параметров с теорией.

Личный вклад автора в данную работу заключается в проведении эксперимента по изучению динамики средних течений и анализе полученных данных. В ходе проведенных экспериментов кювета, заполненная подсоленной жидкостью, верхний слой которой был подкрашен, помещалась на вибростенд. За счет его вертикальных смещений

на поверхности жидкости возбуждались стоячие поверхностные волны, перемешивание от которых мы исследовали. Весь процесс снижался на видеокамеру (рис. 1).

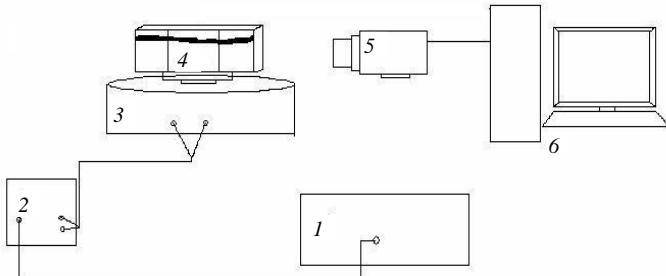


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

- 1 – генератор низкочастотных сигналов ГЗ-110;
2 – усилитель; 3 – вибростенд; 4 – прямоугольная кювета
(26 × 12 × 6.2 см); 5 – цифровая видеокамера; 6 - компьютер

В ходе обработки видеоматериалов отдельные кадры, сделанные в последовательные моменты времени (рис. 2), анализировались с использованием Microsoft Photo Editor. При определении расстояния, пройденного границей окрашенной области, координата курсора, расположенного на этой границе, усреднялась по всем течениям. При этом величина экспериментальной погрешности при оценке толщины слоя определялась как характерный масштаб неоднородности границы раздела слоев.

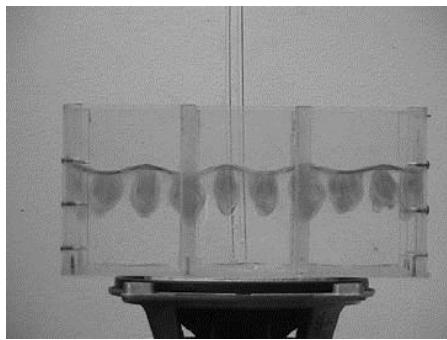


Рис. 2. Видеофрагмент,
илюстрирующий наличие средних
течений

считывалась усредненная скорость распространения течений. Впоследствии полученные данные сравнивались с теоретической моделью.

В результате обработки соответствующих видеоматериалов были получены значения скоростей течений для различных амплитуд волн,

на рис. 3 приведен график зависимости скорости течений от амплитуды волн. В данных экспериментах варьировать амплитуду не удавалось (для квазилинейных волн), возможно, это будет проделано в будущем.

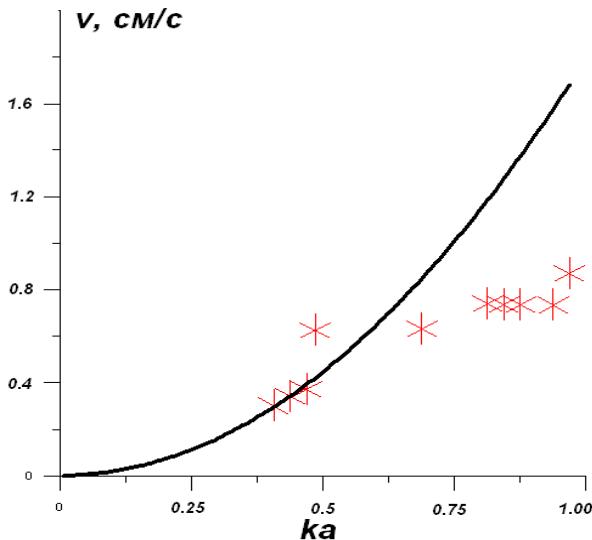


Рис. 3. Зависимость скорости средних течений от крутизны стоячих поверхностных волн:

— эксперимент; — теория

Анализируя рис. 3, можно сделать вывод, что для волн малой амплитуды теоретические и экспериментальные данные согласуются удовлетворительно, а для сильнонелинейных волн теоретическая модель расходится с экспериментом. Это объясняется тем, что модель была построена только для квазилинейных волн [2]. Необходимо также отметить, что для волн большой амплитуды заметную роль играет процесс турбулизации и для таких течений необходимо разрабатывать новую теоретическую модель.

Таким образом, в рамках настоящей работы было проведено лабораторное моделирование двумерных средних течений, возбуждаемых стоячими гравитационно-капиллярными волнами. Сравнивалась построенная ранее теоретическая модель, разработанная в статье [2], с полученными в результате обработки экспериментальными значениями

ми скоростей течений. Показано, что для квазилинейных волн наблюдается удовлетворительное согласие эксперимента и теории. Полученные данные могут быть использованы при дальнейшем изучении течений, индуцируемых стоячими поверхностными волнами.

Литература

1. *Любимов, Д.В. Динамика поверхностей раздела в вибрационных полях /* Д.В. Любимов, Т.П. Любимова, А.А. Черепанов. — М. : Физматлит, 2003. — 216 с.
2. Применение PIV-метода для исследования перемешивания, индуцированного стоячими поверхностными волнами в жидкости / О.С. Ермакова, С.А. Ермаков, Ю.А. Мальков, Д.А. Сергеев, Ю.И. Троицкая // Труды XI научной конференции по радиофизике, посвященной 105-й годовщине со дня рождения М.Т. Греховой. Н. Новгород : ННГУ, 2007. С 165—167.
3. *Ермакова, О.С. Лабораторное исследование динамики слоя турбулентности, возбуждаемой стоячими поверхностными волнами в жидкости /* О.С. Ермакова, С.А. Ермаков, Ю.И. Троицкая // Изв. РАН. ФАО. 2007. № 1.
4. *Шлихтинг, Г. Теория пограничного слоя /* Г. Шлихтинг ; пер. с нем. — М. : Наука, 1969.

Переходные процессы в электрических цепях

Ханнанов Артем Раисович
7 класс

Научный руководитель А.И. Цветков,
мл. науч. сотрудник ИПФ РАН



RC-цепи (электрические цепи, составленные из резисторов и конденсаторов) находят широкое применение в радиотехнике и электронике, поэтому понимание процессов, проходящих в таких цепях, и их экспериментальное изучение представляет практический интерес.

Целью нашей работы являлось исследование переходных процессов в электрических цепях. Мы попытались определить, каков механизм переходных процессов и какие параметры цепей влияют на характеристики переходного процесса.

Если к генератору прямоугольного импульса подключить резистор и конденсатор (*RC*-цепочка), а на выходе снимать напряжение U_C с обкладок конденсатора, то *RC*-цепочка называется интегрирующей. Если снимать напряжение U_R на резисторе, *RC*-цепочка называется дифференцирующей. Интегрирующая цепочка сглаживает сигнал (интегрирует).

Было проведено экспериментальное исследование преобразования импульса прямоугольной формы при его прохождении через интегрирующую и дифференцирующую цепочки. Для этого мы использовали генератор прямоугольных импульсов Г5-54, цифровой осциллограф, набор резисторов и конденсаторов.

На вход *RC*-цепочки (рис. 1) подавалось напряжение с генератора прямоугольных импульсов, к выходу был подключен осциллограф. Результат преобразования входного напряжения фиксировался на экране осциллографа и заносился в графический файл на компьютере.



Рис. 1. *RC*-цепочка

Мы провели серию экспериментов для различных соотношений между постоянной времени цепочки τ и длительностью входного прямоугольного импульса T . В результате проведенных экспериментов с интегрирующей цепочкой (рис. 2), мы пришли к выводу, что:

1. В случае $\tau \ll T$ постоянная времени цепочки $\tau = RC \approx 10^{-7}$ с. Зарядка и разрядка конденсатора происходит очень быстро по сравнению с длительностью входного импульса, поэтому на выходе мы видим практически неискаженный прямоугольный импульс.

2. В случае $\tau \approx T$ постоянная времени цепочки $\tau = RC \approx 10^{-5}$ с. Длительности импульса хватает на частичный заряд (разряд) конденсатора. Поэтому по окончании импульса мы видим падение напряжения с последующим разрядом конденсатора. То есть за время импульса конденсатор зарядился до напряжения меньше напряжения исходного импульса.

3. В случае $\tau \gg T$ постоянная времени $\tau = RC \approx 6,6 \cdot 10^{-3}$ с. Мы получили сглаженный импульс.

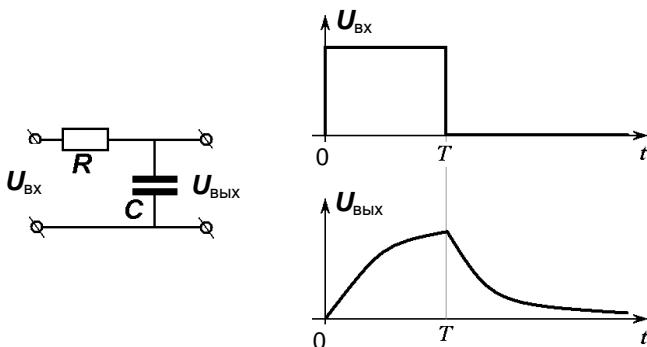


Рис. 2. Интегрирующая RC -цепочка

В результате проведенных экспериментов с дифференцирующей цепочкой (рис. 3), мы пришли к выводу, что:

1. В случае $\tau \ll T$ постоянная времени цепочки $\tau = RC \approx 10^{-7}$ с. В этом случае зарядка и разрядка конденсатора происходит очень быстро по сравнению с длительностью импульса.

2. В случае $\tau \approx T$ постоянная времени цепочки $\tau = RC \approx 10^{-5}$ с. Зарядка и разрядка конденсатора происходит за время порядка длительности импульса.

3. В случае $\tau \gg T$ постоянная времени $\tau = RC \approx 6,6 \cdot 10^{-3}$ с. За время длительности импульса конденсатор не успевает зарядиться или разрядиться.

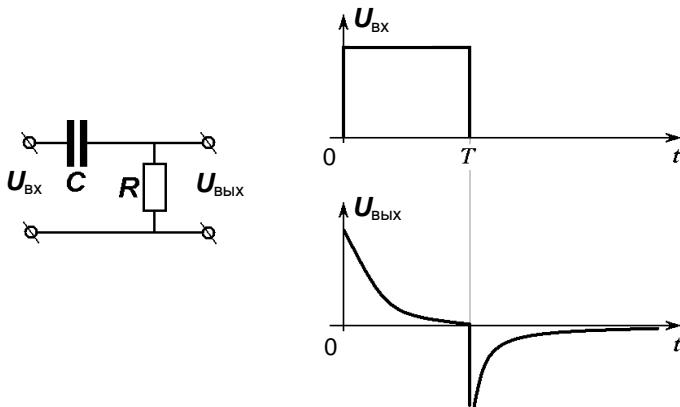


Рис. 3. Дифференцирующая RC -цепочка

RC -цепочки применяются в импульсной технике в преобразователях формы сигналов. Такие преобразователи предназначены для изменения параметров импульсных сигналов — амплитуды, длительности фронтов, длительности импульса, периода повторения и т. п. Для уменьшения длительности импульса используется дифференцирующая цепь. При этом амплитуда и длительность укороченного импульса зависят не только от параметров дифференцирующей цепи, но и от параметров самого импульса — его амплитуды и крутизны фронтов.

Таким образом, данная работа имеет прикладное значение и интересна для более глубокого понимания основ радиотехники. В дальнейшем мы собираемся исследовать другие составные части электрических цепей (например, LC -цепей).

Литература

1. Борисов, В.Г. Юный радиолюбитель / В.Г. Борисов. — М. : Радио и связь, 1986.
2. Основы теории цепей / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. — М. : Энергоатомиздат, 1989.
3. Описание лабораторных работ. Электричество и магнетизм. — Новосибирск : НГУ, 1988. — 79 с.
4. Яворский, Б.М. Справочное руководство по физике / Б.М. Яворский, Ю.А. Селезнев. — М. : Наука, 1989.



Изучение дифракции света с помощью компьютерного диска

Хрулева Екатерина Владимировна
8 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко

Дифракционная решетка — оптический прибор, предназначенный для анализа спектрального состава оптического излучения. Дифракционная решетка состоит из тысяч и близко расположенных щелей. Из-за интерференции интенсивность света, прошедшего через дифракционную решетку либо отраженного от нее, различна в различных направлениях. Имеются выделенные направления, в которых световые волны от различных щелей решетки складываются в фазе, многократно усиливая друг друга. В данной работе для наблюдения дифракции в отраженном белом свете использовался обычный компьютерный диск. Свет из источника проходит через диафрагму и собирающую линзу, попадает на диск и, отразившись, на экран (рис. 1). На экране появляется несколько интерференционных максимумов. Максимум нулевого порядка белый, остальные — в виде спектра. Свет каждой длины волны, входящий в состав белого света, имеет свое положение максимума на экране, поэтому белый свет разлагается в спектр.

Для уменьшения величины светового пучка использовалась диафрагма. Между источником и компьютерным диском устанавливается линза на фокусном расстоянии для того, чтобы пучок после прохождения линзы был параллельным. Компьютерный диск положим горизонтально около противоположной стены, на которой находится экран с демонстрационным транспортиром для определения направления между центральным пятном и максимумом какого-либо света. Данный опыт позволяет измерить шаг записи информации на компьютерном диске. По технологии расстояние между дорожками диска выбирается от 1,4 до 2 мкм. Поскольку данное расстояние сравнимо с длиной световой волны, диск можно считать дифракционной решеткой.



Рис. 1. Экспериментальная установка для наблюдения дифракции света

Зная длину волны падающего света из справочной литературы и измерив угловое расстояние между максимумами, можно найти расстояние между записывающими дорожками.

В работе решались следующие задачи: а) получить дифракционные картины от CD-диска; б) рассчитать период дифракционной решетки диска; в) исследовать зависимость вида картины дифракции от угла падения светового луча. Чтобы определить период решетки, соответствующей нашему диску, надо найти синус угла падения света на решетку и синус угла, задающего направление на какой-нибудь максимум, например на максимум первого порядка. Эти измерения проводились исходя из геометрических параметров установки. За длину волны падающего света приняли значение середины полосы соответствующего света. Период решетки был найден исходя из

$$\text{картины интерференции: } \frac{y_m}{L} = \operatorname{tg} \varphi, \quad \sin \varphi = \frac{n\lambda}{d}.$$

Вследствие малости углов можно записать: $d = Ln\lambda/y_m$, где d — период решетки, L — расстояние от решетки до экрана, n — номер максимума, y — положение максимума, λ — длина волны.

В ходе работы на экране были получены отчетливые, пригодные для идентификации максимумы первого и второго порядка. Поскольку падающий свет был белым, на экране виден спектр. Удалось идентифицировать красный, желтый, зеленый, синий, фиолетовый цвета. Необходимая для расчетов длина волны красного, зеленого, синего цветов была взята из таблицы и соответствовала середине интервала данного света. Для периода решетки было получено значение, равное 1,51 мкм. Измерения проведены с погрешностью, в среднем равной 12 %, что для школьного оборудования является вполне приемлемым. Погрешность вызвана измерением угла направления на максимум и определялась отношением ширины полосы данного света к значению угла. Для интерференционного максимума красного цвета первого порядка погрешность составила $2/23 = 0,08 = 8\%$, для того же максимума синего цвета $2/15 = 0,13 = 13\%$. Определение периода решетки по результатам измерений максимума второго порядка имеет значительно большую погрешность, так как ширина полосы более чем в два раза больше. Этот вывод подтверждается анализом графиков, показанных на рис. 2. Схожий характер обеих зависимостей, найденных для максимумов первого и второго порядков, говорит о достоверности полученных результатов.

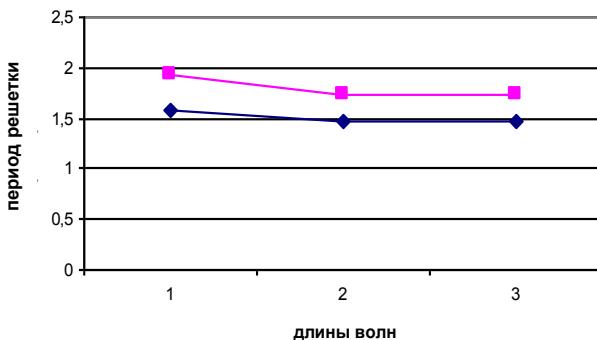


Рис. 2. Результаты расчетов периода решетки в зависимости от длины волны: 1 — красный, 2 — зеленый, 3 — синий. Верхняя кривая описывает результаты, полученные с использованием максимума второго порядка, нижняя — первого порядка

В результате проведенного исследования получено, что шаг записи информации составляет для компьютерного диска $1,65 \text{ мкм} \pm 0,20 \text{ мкм}$. Значения периода решетки, найденные при использовании измерений максимума первого порядка, ниже полученных при измерениях максимума второго порядка. Причиной этого представляется то, что погрешности во втором опыте больше, а также то, что записывающие дорожки имеют вид окружностей.

На CD-диске общая полоса записанной информации составляет $36 \text{ мм} = 36\,000 \text{ мкм}$, значит на нем записано $22\,000$ дорожек. Вследствие того, что зависимость длины окружности от радиуса пропорциональная, можно считать, что в среднем радиус дорожки составляет 41 мм , а ее длина — $257,61 \text{ мм}$. В целом же информация записана на длине в 22000 раз большей, то есть 5667 м , или $5,7 \text{ км}$. Если объем диска составляет 700 Мб , то на одном микроне записано 8 байт информации. При увеличении расстояния от экрана до диска расстояние от нулевого максимума до первого увеличивается. Несомненным преимуществом данного опыта является его простота и возможность тиражирования, применения в школьном образовательном процессе.

Литература

- Фриш, С.Э. Курс общей физики. Т.1 / С.Э. Фриш, А.В. Тиморева. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2006.
- Энциклопедия для детей. Физика. Т. 1. — М. : Аванта, 2005.
- Таблицы физических величин : справочник / под ред. И.К. Кикоина. — М. : Атом-издат, 1976.
- Енохович, А.С. Физика. Техника. Производство / А.С. Енохович. — М., 1962.
- Физика. Оптика. Квантовая физика. 11 класс. — М. : Дрофа, 2005.



Получение водорода

Хрулева Екатерина Владимировна

8 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко

В декабре 2003 года была принята Программа по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам по водородной энергетике и топливным элементам. Интерес к водороду как альтернативному виду топлива понятен. Водород — источник энергии в будущем, решение энергетической проблемы, ведь его можно получать из самого распространенного вещества на Земле — воды. Получить водород в условиях лаборатории, используя доступные материалы, и исследовать его характеристики занимательно и важно.

Цели работы:

- проектирование установки по производству водорода;
- получение и исследование водорода в лабораторных условиях;
- выявление зависимости объема получившегося водорода от параметров электрической цепи;
- исследование физических свойств водорода как идеального газа.

Первичным результатом электролиза является выделение на электродах составных частей молекулы растворенного вещества. Однако фактически мы часто обнаруживаем на одном или обоих электродах не те атомы или атомные группы, которые перемещались в растворе и первоначально выделялись на электродах, а другие, освобождающиеся при вторичных химических реакциях, в которые вступают освободившиеся первичные атомы и группы.

Вода взаимодействует с хлоридом натрия под действием электрического тока, при этом получается водород, хлор и гидроксид натрия: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaCl} \rightarrow \text{H}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{NaOH}$. Как следует из законов Фарadays, масса выделившегося водорода $m = kq = kIt$. Так как водород — газообразное вещество, его массу в эксперименте измерить не удается, для этого и необходимо воспользоваться уравнением состояния идеального газа. Состояние водорода, выделяющегося в процессе электролиза, подчиняется уравнению Клапейрона — Менделеева: $PV = (m/M)RT$, где P — давление водорода, V — объем водорода, m — масса

водорода, получающегося в результате электролиза, M — молярная масса водорода, определенная по Периодической системе элементов Д.И. Менделеева, R — универсальная газовая постоянная, равная 8,31 (Дж / моль · К), T — температура.

Давление столба жидкости на уровне соприкосновения жидкости и газа: $P = P_{atm} + \rho gh$. Объем водорода, определяемый в ходе эксперимента, равен: $V = kItRT/(MP)$. Электрохимический эквивалент берется из таблицы: $k = 0,0104 \cdot 10^{-6}$ кг/Кл. Температура определялась с помощью жидкостного термометра, молярная масса водорода равна $2 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, атмосферное давление определялось по показаниям барометра.

Для экспериментального исследования потребовались следующие приборы и материалы: электролитическая ванна, шприц с отрезанной узкой частью, графические и железные электроды, амперметр, источник тока, соединительные провода, часы, поваренная соль, вода (рис. 1). Последовательность проведения эксперимента была следующей:

- При замыкании электрической цепи на одном из электродов наблюдалось образование пузырьков. Пузырьки поднимаются вверх и вытесняют раствор из шприца.

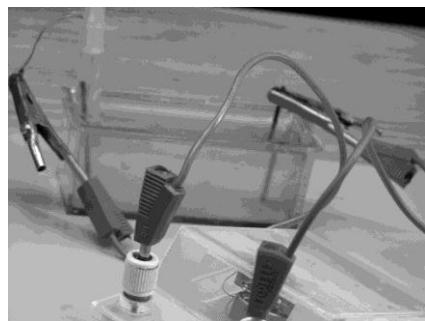


Рис. 1. Экспериментальная установка для получения водорода и хлора. На левом электроде образуется водород, на правом — хлор

- Достаем шприц из раствора. Газ не выходит — он легче воздуха.
- Подносим спичку к открытому концу шприца — раздается глухой хлопок. Это подтверждает, что полученный газ — водород.
- Рыжий цвет воды — результат химической реакции вещества электрода со щелочью, которая образовалась вследствие реакции.

В результатах прослеживается прямая пропорциональная зависимость между временем прохождения тока и объемом образующегося водорода. С увеличением силы тока в 1,714 раза объем водорода увеличился в 1,625 раза. Увеличение происходит за счет роста числа носителей в растворе. Разница величин находится в пределах погрешности.

Эксперимент был повторен со шприцем большого объема (20 мл) (рис. 2). Течение опыта не изменилось, исключая время его проведения. Это доказывает, что таким способом можно получать водород любых объемов. В ходе эксперимента замечено некоторое уменьшение объема водорода, скорости электролиза при уменьшении эффективной площади катода.



Рис. 2. Второй опыт

нами была изготовлена установка для производства водорода в условиях домашней лаборатории. Проанализировав полученные с ее помощью результаты, мы пришли к следующим выводам:

- водород можно получить в домашних условиях электрохимическим методом;
- зависимость давления полученного водорода от прошедшего через раствор заряда является прямо пропорциональной (рис. 3);
- угол наклона графика зависит от температуры раствора и объема получаемого водорода;
- в случаях, когда давление водорода сравнивалось с давлением атмосферы, реакция останавливалась, следовательно, давление водорода равно атмосферному;
- масса полученного водорода, вычисленная из закона Фарадея, и масса водорода, вычисленная из законов идеального газа, соответствуют друг другу, следовательно, его можно считать идеальным газом.

Хлор, полученный как побочный продукт реакции, может быть использован для хлорирования воды.

В том случае, когда в качестве электродов использовались грифели ученического карандаша, первоначально чистый раствор окрашивался в изумрудно-зеленый цвет вследствие выделяющегося на другом электроде хлора. Хлор растворяется в воде, что и вызвало окраску раствора.

Наши измерения подтверждают, что в домашних условиях, используя низкое напряжение и доступные вещества: воду и поваренную соль, — можно получить альтернативный источник энергии — водород.

Вследствие экспериментальной работы нами была изготовлена установка для производства водорода в условиях домашней лаборатории. Проанализировав полученные с ее помощью результаты, мы пришли к следующим выводам:

- водород можно получить в домашних условиях электрохимическим методом;
- зависимость давления полученного водорода от прошедшего через раствор заряда является прямо пропорциональной (рис. 3);
- угол наклона графика зависит от температуры раствора и объема получаемого водорода;
- в случаях, когда давление водорода сравнивалось с давлением атмосферы, реакция останавливалась, следовательно, давление водорода равно атмосферному;
- масса полученного водорода, вычисленная из закона Фарадея, и масса водорода, вычисленная из законов идеального газа, соответствуют друг другу, следовательно, его можно считать идеальным газом.

Хлор, полученный как побочный продукт реакции, может быть использован для хлорирования воды.

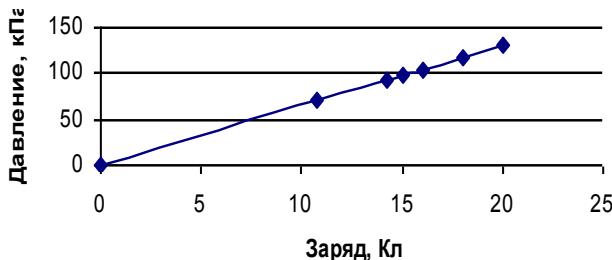


Рис. 3. Зависимость давления от заряда

Водород — экологически чистое топливо, при сгорании которого образуется чистая вода. Сгорание водорода сопровождается гораздо большим выделением энергии, чем у самого высококачественного топлива. Его можно получать из слабого раствора поваренной соли. Это может помочь в решении энергетических и экологических проблем.

Приложение. Таблицы полученных измерений

Таблица 1

Напряжение, В	Сила тока, А	Объем полученного водорода, мл	Время, с
15	0,2	3,5	54
10,2	0,15	3,5	100
9,3	0,25	3,5	57
8,3	0,2	3,5	80
7,7	0,18	3,5	112
5,4	0,09	3,5	200

Таблица 2

№ опыта	Заряд q , Кл	Давление, Па
1	10,8	70 000
2	15	97 047
3	14,25	92 191
4	16	103 512
5	18	116 452
6	20,16	130 426

Атмосферное давление — 99 700 Па

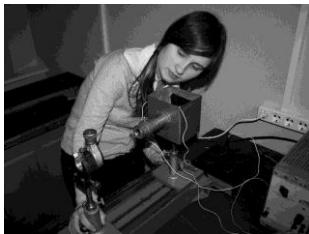
Литература

1. Мякишев, Г.Я. Физика. Термодинамика и молекулярная физика / Г.Я. Мякишев. — М. : Дрофа, 2005.
2. Иродов, И.Е. Физика макросистем / И.Е. Иродов. — М. : Физматлит, 2001.
3. Spare : информационный листок. 2005. № 1.
4. Ландсберг, Г.С. Элементарный учебник физики. В 2 т. Т. 2 / Г.С. Ландсберг. — М : Наука, 1975.

Дифракция на крае бесконечной полуплоскости

*Шалаева Полина Владимировна
7 класс*

Научный руководитель Ю.В. Зайцев



Одно из ключевых следствий волновой теории — это существование явлений дифракции и интерференции. Явление дифракции играет важную роль в науке и технике, а его изучение имеет не только теоретическое, но и прикладное значение. На нем построены высокоточные оптические приборы, например спектрографы и дифракционные решетки. Дифракция используется в промышленности, в частности в голографических установках. В связи с этим важно не только иметь представление о теоретических основах этого важного физического явления, но и осваивать принципы проведения и обработки точных оптических измерений при помощи компьютерной техники.

Дифракция — это проявление любого отступления от законов геометрической оптики. Общим свойством всех эффектов дифракции является зависимость характеристик явления от соотношения между длиной волны и размером неоднородностей среды.

Предметом исследования было освоение принципов проведения эксперимента по наблюдению дифракции и обработки измерений при помощи компьютера. Основными задачами являлись проведение теоретического анализа явления, ознакомление с экспериментальной установкой и методами оптических измерений, изучение основ прикладного программирования на примере среды Delphi, обработка экспериментальных данных в пакете Microcal Origin и их сравнение с теоретическими предсказаниями.

В ходе работы была модернизирована установка, используемая студентами ННГУ при изучении дифракции. Базовая установка состояла из оптической скамьи, на которой расположены короткофокусная линза, регулируемая щель, край экрана и окуляр для наблюдения дифракционной картины. Вместо традиционной комбинации лампы накаливания и светофильтра в качестве узкополосного источника света был использован набор светодиодов с различными длинами волн, а для регистрации получаемой картины вместо визуального наблюдения с механическим лимбом использовалась цифровая фотокамера Canon

EOS 400D. В качестве преобразователя электромагнитного излучения в электрический сигнал, который записывается на карту памяти в графическом формате (JPEG), в данном цифровом фотоаппарате использовалась так называемая CMOS-матрица.

Мы центрировали оптическую систему, установив центр светодиода, центр щели, оптические центры конденсора и окуляра на одной прямой, и выровняли их по высоте. Конденсор устанавливался так, чтобы давать изображение светодиода приблизительно в натуральную величину, а щель — так, чтобы изображение светодиода покрывало ее.

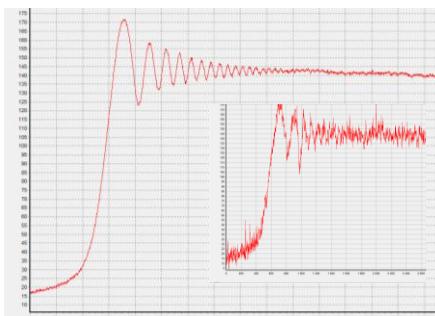


Рис. 1. Усредненное и неусредненное (вставка) распределения интенсивности

Изображение дифракционной картины в виде JPEG-файла обрабатывалось программой, разработанной для получения таблицы значений интенсивности света в каждой из точек матрицы. Обработка JPEG-файла заключалась в его расшифровке и преобразовании в числовой вид, пригодный для восприятия без специальной программы просмотра. Матрица значений интенсивности усреднялась вдоль вертикальной координаты, что позволяло избавиться от экспериментальных шумов и наводок.

Полученные таблицы загружались в Microcal Origin для последующей обработки. По миллиметровым засечкам на оптике микроскопа определяли, какому расстоянию в реальном масштабе соответствуют расстояния, выраженные в пикселях. Средствами программы Origin находили координаты в миллиметрах и интенсивности, выраженные в условных единицах, для максимумов освещенности. Таким образом, установка позволяла не просто определять, как обычно делается, по-

Установив щель параллельно изображению светодиода, мы нашли ее положение, при котором поле зрения микрометра остается хорошо и равномерно освещенным и при очень узкой щели. На пути светового пучка был установлен край экрана. Щель была параллельна краю экрана, и в поле зрения окуляра, расположенного за краем экрана, наблюдалась дифракционная картина.

ложении дифракционных максимумов, но и детально исследовать расположение интенсивности (см. пример на рис. 1).

В частности, сравнивались отношения интенсивностей максимумов, рассчитанных при помощи спирали Корню, с отношениями интенсивностей, полученных в измерениях. Для каждого отношения по формуле $\delta = (I_{\text{теор}} - I_{\text{эксп}}) / I_{\text{теор}} \cdot 100\%$ вычислялась относительная ошибка, характеризующая степень совпадения теории и эксперимента. Поскольку в нашем эксперименте неизвестна интенсивность открытого фронта I_0 , в таблице ниже представлены отношения $I_{\text{max}}^{(n)} / I_{\text{max}}^{(n+1)}$.

Теория	Красный диод		Зеленый диод		Синий диод	
	Эксп.	Ошибка, %	Эксп.	Ошибка, %	Эксп.	Ошибка, %
1,143	1,084	5,1	1,121	1,9	1,072	6,2
1,042	1,023	1,8	1,041	0,1	1,029	1,3
1,022	1,016	0,6	1,012	1,0	1,016	0,6

Кроме того, строился график, соответствующий теоретической зависимости, выражаемой формулой $Y_n = KX_n - X_0$, где $Y = \sqrt{2n - 1,25}$, $K = \sqrt{a/b\lambda R}$, связывающей положение дифракционных максимумов n -го порядка с длиной волны, и средствами Origin проводился регрессионный анализ для трех серий измерений с различными длинами волн. Примеры получаемых зависимостей показаны на рис. 2.

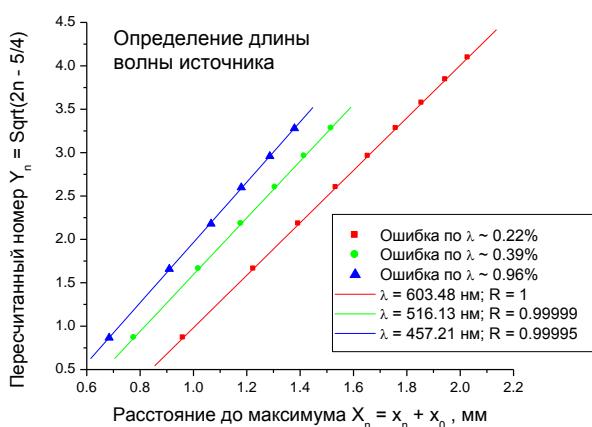


Рис. 2. Определение длины волны источника

Таким образом, для эксперимента с каждым из использованных светодиодов получалось две характеристики: длина волны λ , вычисляемая по коэффициенту наклона прямой, а также коэффициент корреляции R , который показывал, насколько хорошо полученные данные ложатся на теоретическую зависимость — прямую. Во всех случаях R отличался от 1 лишь в пятом знаке, что говорит о высокой точности измерений, обеспечивающих такую установкой. При этом получающиеся (с погрешностью меньше 1 %) длины волн λ соответствовали реальным заявленным длинам волн трех использовавшихся в эксперименте светодиодов.

Можно наблюдать хорошее согласование эксперимента с теорией, несмотря на большое число факторов, которые могли отрицательно повлиять на точность определения интенсивности (шумы и неравномерность матрицы, паразитная засветка и т. п.). Таким образом, средствами, доступными школьной, и тем более, университетской, лаборатории была осуществлена обработка оптических измерений с использованием современных компьютерных методов. Разработанный программно-аппаратный комплекс будет использоваться в лабораторном практикуме кафедры общей физики радиофизического факультета Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Литература

1. Храмов, Ю.А. Физики : биографический справочник / Ю.А. Храмов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Наука, 1983. — 398 с.
2. Энциклопедия для детей. Т. 16. Физика. Ч. 2 / глав. ред. В.А. Володин. — М. : Аванта+, 2000. — 432 с. : ил.
3. Прохоров, А.М. Физический энциклопедический словарь / А.М. Прохоров. — М. : Советская энциклопедия, 1984. — 944 с.
4. Ландсберг, Г.С. Оптика / Г.С. Ландсберг. — 4-е изд., перераб. — М. : Гос. изд. тех.-теор. лит-ры, 1957. — 750 с.
5. Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика / И.В. Савельев. — 3-е изд., испр. — М. : Наука, 1988. — 496 с.
6. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Оптика / Д.В. Сивухин. — М. : Наука, 1980. — 752 с.
7. Гельфер, Э.И. Дифракция Френеля : описание к лабораторной работе / Э.И. Гельфер. — Н. Новгород : ГГУ им. Н.И. Лобачевского, 1990. — 14 с.

Динамика турбулентной области в однородной жидкости

Ярова Анна Андреевна

11 класс

Научный руководитель О.С. Ермакова,
мл. науч. сотрудник ИПФ РАН



Существует проблема исследования турбулентности в однородной жидкости, которая изучается довольно давно (приблизительно 50 лет).

Эта задача представляет очень большой интерес с фундаментальной точки зрения, поскольку наблюдается значительное расхождение предыдущих экспериментальных и теоретических результатов (см. [1, 2, 3]). В настоящее время проблема описания динамики турбулентности остается открытой.

В работе [1] представлено теоретическое исследование динамики турбулентной области в однородной жидкости; выдвинуто предположение о равномерном росте масштаба турбулентности во времени, при этом фронт турбулентности движется с постоянной скоростью.

Для анализа динамики турбулентной области используется полуэмпирическая теория турбулентности. Основным уравнением полуэмпирической теории турбулентности является уравнение баланса турбулентной энергии

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} K_b \frac{\partial b}{\partial z} - \frac{b^2}{Lc^4}, \quad (1)$$

где L — внешний масштаб турбулентности, b — средняя кинетическая энергия турбулентных пульсаций, K_b — коэффициент турбулентной вязкости.

В работе [1] отмечены граничные условия с учетом того, что система отсчета находится на дне, а поток турбулентной энергии на поверхности равен 0:

$$L\sqrt{b} \frac{\partial b}{\partial z} = -q \text{ при } z = 0, \quad (2)$$

$$L\sqrt{b} \frac{\partial b}{\partial z} = 0; \quad (3)$$

здесь q — поток турбулентной энергии.

Автор работы [1] предположил, что масштаб турбулентности рас-
тет линейно во времени:

$$L = \alpha q^{\frac{1}{3}} t. \quad (4)$$

Решением такой системы является фронт турбулентности, граница которого движется с постоянной скоростью (скорость движения $\xi_0 q^{\frac{1}{3}}$). Однако подобное решение в экспериментах не реализуется.

Мы попробовали объяснить неравномерное движение фронта и разработали новую теоретическую модель движения турбулизованной области.

Запишем уравнение баланса турбулентной энергии, пренебрегая диссипацией (численные расчеты показывают, что на временных масштабах наших экспериментов это можно сделать):

$$\frac{\partial b}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} L \sqrt{b} \frac{\partial b}{\partial z}. \quad (5)$$

Предположим также, что масштаб турбулентности во время эксперимента остается неизменным. В наших экспериментах мы определяем его как расстояние между ребрами осциллирующей плоскости (пластиинки):

$$L = \text{const.} \quad (6)$$

Будем искать решение в виде

$$b = t^\alpha B \left(\frac{z}{t^\beta} \right). \quad (7)$$

Подставляя данное решение для турбулентной энергии в уравнение баланса и в граничное условие, получим следующие значения:

$$\alpha = \frac{2}{5}, \quad \beta = \frac{3}{5}. \quad (8)$$

Отсюда следует, что фронт турбулентности будет двигаться по закону $h \cong t^{0.6} = t^{\frac{3}{5}}$.

В рамках настоящей работы проведена серия экспериментов, в которых была смоделирована динамика турбулентного слоя. Установка состоит из прозрачной кюветы 1 (оргстекло) с размерами $260 \times 63 \times 230$ мм, электрического двигателя с эксцентриком на оси 2 и блока питания 3 (рис. 1). На дне кюветы крепится ребристая пластиинка 4, вставленная в направляющие и способная свободно двигать-

ся вдоль дна. С одной стороны пластинка крепится к эксцентрику с помощью лески, с другой — резинкой к борту кюветы. Таким образом вращение двигателя преобразуется в колебания пластины в горизонтальной плоскости. Измерения проводились для трех значений частоты колебаний: 1,4, 2,1, 3,2 Гц — и трех амплитуд: 0,6, 1, 1,6 см.

После включения двигателя над колеблющейся пластиною появляются периодические вихревые образования, обусловленные обтеканием ребер пластины. Характерный размер этих вихрей порядка высоты ребер. В дальнейшем вихри увеличиваются в размерах и смещаются вверх, после чего происходит их слияние и формирование однородной турбулизованной области с резким фронтом (рис. 2). С течением времени граница области поднимается вверх и достигает поверхности тем быстрее, чем выше частота и амплитуда колебаний пластины.

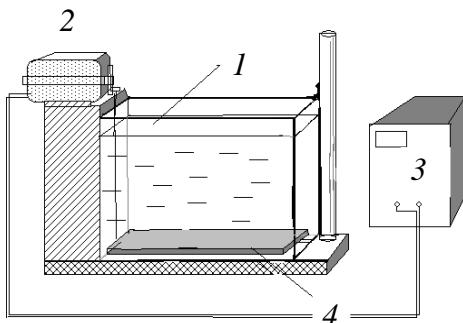


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

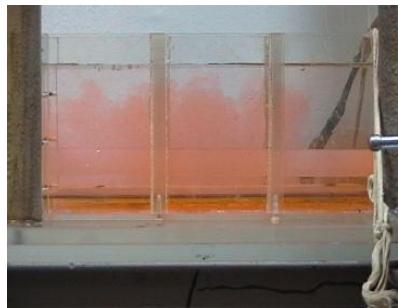


Рис. 2. Видеофрагмент однородной турбулизованной области на заключительном этапе формирования турбулентности

Обработка видеофрагментов производилась следующим образом: координата курсора, расположенного на границе окрашенной и неокрашенной областей, определяемая в Microsoft Photo Editor, усреднялась по всей длине фронта в разные моменты времени. Таким образом были получены положения турбулентного фронта в различные моменты времени (рис. 3).

Из графика видно, что скорость движения фронта не постоянна и уменьшается по мере приближения его к поверхности. Экспериментальные зависимости аппроксимировались степенной функцией с показателем, близким к 0,6, для всех трех амплитуд.

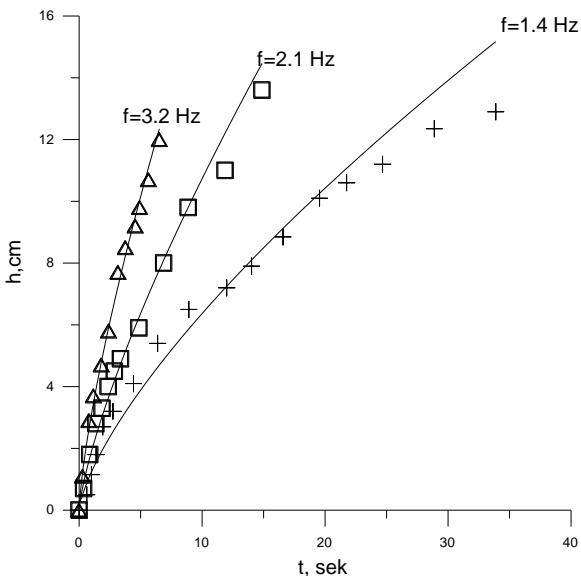


Рис. 3. Зависимость толщины турбулентной области от времени для трех различных частот колебаний пластиинки

Таким образом, можно сделать вывод, что теоретическая степенная зависимость толщины турбулизованной области от времени удовлетворительно согласуется с полученными экспериментальными данными.

Личный вклад автора в данную работу заключается в проведении экспериментов, обработке экспериментальных данных и анализе теоретической модели.

Литература

1. Баренблatt, Г.И. Подобие, автомодельность, промежуточная асимптотика. Теория и приложения к геофизической гидродинамике / Г.И. Баренблatt. — Л. : Гидрометеоиздат, 1978. — С. 190.
2. Dickinson, S.C. Laboratory study of the growth of a turbulent layer of fluid / S.C. Dickinson, R.R. Long // Phys. Fluids. 1978. V. 21(10). P. 1698—1701.
3. Структура перемешанного слоя стратифицированной жидкости / С.И. Воропаев, Б.Л. Гаврилин, А.Г. Зацепин, К.Н. Федоров // Изв. РАН. ФАО. 1980. Т. 16, № 3. С. 284—293.

Астрономия



Влияние Луны на жизнь людей и рост растений

Зотова Светлана Александровна

8 класс

Научный руководитель Н.И. Лапин

Луна единственное небесное тело, здравомыслящие на небе свой облик, поэтому люди издавна считали ее влияющей на разнообразные жизненные и геофизические циклы на Земле. Люди верили, что Луна движет приливами и приносит дождь, следит за ростом растений и животных, питает женское плодородие, задает естественный ритм календаря и влияет на психику людей [6]. Часть взглядов о влиянии Луны на Землю выдержала проверку временем и получила подтверждение в ходе построения научной картины мира в XVII—XX веках [2]. Так, приливы объясняются воздействием на Землю лунной гравитации [9]. Но значительная часть представлений о влиянии Луны на Землю и ее обитателей оказалась ложной.

Живя по солнечному календарю, мы незаслуженно забыли о лунном календаре и о влиянии Луны на нашу повседневную жизнь. Если Луна силой своего притяжения в состоянии приводить в движение моря и океаны, вызывая приливы и отливы, стоит ли пренебрегать ее влиянием на живой организм?

Хотя еще Гиппократ утверждал, что «глупец тот, кто занимается медициной, не обращая внимания на движение звезд», серьезные теоретические или экспериментальные исследования влияния Луны на человека как в медицине, так и в астрономической научной литературе нами не были обнаружены. Отсутствуют научные основания, которые свидетельствовали бы о наличии связи между ростом растений и фазами Луны. Между тем растет число публикаций, связанных с лунным календарем. В них содержатся рекомендации по лечению болезней и планированию дел, посадке и уходу за растениями, привязанные к определенным фазам Луны. Очевидно, значительная часть населения пользуется этими рекомендациями. В такой ситуации нам представляется наиболее эффективным провести экспериментальное исследование влияния Луны на жизнь людей и рост растений, чтобы ответить на вопрос о практической ценности «лунных календарей» в части рекомендаций, привязанных к смене лунных фаз.

Исследование влияния лунных фаз на рост растений мы начали в январе 2006 года с экспериментальной посадки лука. В 2007 году были проведены посадки томатов, укропа, моркови и петрушки. Мы озна-

комились с разными вариантами «Лунного календаря» и выявили об- щие рекомендации относительно посадки и ухода за растениями, ко- торыми воспользовались при планировании экспериментального ис- следования. Календари утверждают, что при растущей Луне все соки идут вверх, в листву. Затем наступает полнолуние, и соки начинают идти к корням. Поэтому все, что растет под землей, лучше сажать при убывающей Луне, дня за 2 до полнолуния. То, что растет над землей, лучше сажать при растущей Луне, дня за 2 до новолуния. В соот- ветствии с данными рекомендациями «Календаря садовода и огородника» были посажены морковь, петрушка и лук на убывающей фазе Луны, а томаты на растущей. Первая партия всех растений была высажена в дни, рекомендованные календарем для посадки этих культур на дан- ный месяц, вторая — в нерекомендуемый период.

В результате томаты, посаженные на растущей фазе Луны, пророс- ли лучше (рис. 1), чем посаженные на убывающей фазе (рис. 2). Это свидетельствует о том, что рекомендации календаря в части, касаю- щейся посадок овощных культур, растущих вверх, подтверждаются.

Партия лука, посаженная на убывающей фазе Луны, проросла лучше, чем партия, посаженная на растущей фазе (рис. 3, 4).

Морковь и петрушку, посаженные в рекомендованный календарем день, проросли лучше, чем посаженные в нерекомендованный. Семе- на, посаженные в не рекомендованный календарем день, дали значи- тельно меньше всходов (рис. 5, 6).

Из проведенных экспериментов следует, что лунный календарь со- ответствует действительности, то есть работает.

Тело человека в среднем на 60—70 % состоит из воды, поэтому также подчиняется законам физики.



Рис. 1. Посадки томатов на растущей фазе



Рис. 2. Посадки томатов на убывающей фазе



Рис. 3. Посадки лука на убывающей фазе Луны



Рис. 4. Посадки лука на растущей фазе Луны



Рис. 5 Посадки петрушки в рекомендованный день



Рис. 6 Посадки петрушки в нерекомендованный день

Ознакомившись с различными рекомендациями «лунных календарей», мы выявили следующие общие положения. Луна связана со всеми жидкостями в организме, с их уровнем (давлением). Гравитационные и энергетические воздействия лунного дня зависят от углового расстояния между Луной и Солнцем на небосводе, и это расстояние ежедневно изменяется примерно на 12°. Гравитационное поле Луны оказывает значительное влияние на наш организм, прежде всего на распределение крови в органах и тканях. С точки зрения биоритмики организма лунно-солнечный цикл разделяется на две части, примерно по 14 дней каждая — период растущей Луны (от новолуния до полнолуния) и период убывающей Луны (от полнолуния до новолуния). В первый период человек более активен, энергичен, биоритмы у него как бы идут вверх. Во второй период жизнеспособность снижается, человек быстрее устает, реакция замедляется. Характер воздействия Луны на человека зависит в значительной степени от фазы лунного цикла.

Мы провели статистическое исследование для изучения влияния Луны на человека по следующим позициям: здоровье, поведение и умственные способности.

С целью выяснения влияния фаз Луны на эмоциональное и физическое состояние человека нами были проанализированы следующие статистические данные за период с сентября 2006 года по март 2007 года: успеваемость учащихся (10 «F» (20 чел.) и 11 «F» (20 чел.) классы физико-математического лицея № 40 и 8 класс (26 чел.) средней школы № 54), активность продаж товаров (магазин «Каприз»), количество выездов скорой помощи Нижнего Новгорода, динамика правонарушений (дети в возрасте 5—17 лет по данным подразделения по делам несовершеннолетних городского линейного управления внутренних дел на транспорте). При этом принимались во внимание следующие воздействия Луны на человека: приливно-отливное воздействие на жидкые среды нашего организма, прежде всего кровь; влияние на скорость протекания биохимических реакций; изменений магнитного поля Земли, связанных с лунным циклом; действие Луны на эмоциональную сферу человека.

В результате статистического исследования мы пришли к выводу, что Луна действительно оказывает разное воздействие в различные периоды времени. Так, с ростом Луны качество получаемых знаний улучшается (количество получаемых пятерок растет). Противоположная ситуация наблюдается в момент убывания Луны. Минимум достигается в новолуние. Такую же тенденцию можно наблюдать при исследовании изменения «потребительского чувства» (количество покупок) и здоровья (количество выездов скорой помощи). Число правонарушений с ростом Луны увеличивается, и к моменту полнолуния, за день или два до него и после, наблюдается их максимум. С убыванием Луны количество правонарушений приближается к среднему гипотетическому. На рис. 7 представлены данные за декабрь 2007 года.

Таким образом, Луна оказывает серьезное воздействие на организм человека и его эмоциональное состояние, данное влияние проявляется во всех сферах. Особенно это заметно в момент отсутствия Луны: количество отличных оценок уменьшается скачкообразно, количество выездов скорой помощи имеет резко выраженный скачок в область минимального значения.

Собранная информация представляет ценность как для садоводов, огородников, медиков, так и для простых жителей планеты Земля. Данная работа может быть расширена путем исследования больших параметров жизнедеятельности, увеличения количества участвующих, проведения медицинских, сельскохозяйственных и социальных экспериментов, расширения статистического аппарата и разработки критериев влияния Луны на организм человека.



Рис. 7. Данные за декабрь 2007 года

Литература

1. *Бери, Артур.* Краткая история астрономии / Артур Бери. — М. ; Л. : ОГИЗ : Гос. изд-во технико-теоретич. литературы, 1946. — 363 с.
2. *Варваров, Н.А.* Седьмой континент / Н.А. Варваров. — М. : Московский рабочий, 1973. — 288 с.
3. *Воронцов-Вельяминов, Б.А.* Астрономия. учебник для 10 класса средней школы / Б.А. Воронцов-Вельяминов. — М. : Просвещение, 1987. — 152 с.
4. *Комаров, В.Н.* Час звездочета. Астрономия для любознательных / В.Н. Комаров. — М. : Детская литература, 2000. — 190 с.
5. *Майлс, Лайза.* Тайны Вселенной / Лайза Майлс, Алистер Смит // Астрономия и космос : энциклопедия. — М. : РОСМЭН, 2001. — 91 с.
6. Легенды и сказания Древней Греции и Древнего Рима. — М. : Правда, 1990. — 574 с.
7. *Походяева, А.* Азбука огородника. Вып. 1 / А. Походяева. — Н. Новгород, 1992. — 128 с.
8. *Цветков, В.И.* Космос : полная энциклопедия / В.И. Цветков. — М. : Эксмо, 2006. — 248 с.
9. *Шулейкин, В.В.* Прилив // Физический словарь. В 5 т. Т. 4. М., 1938. С. 383—386.

Разнообразие галактик, характер движения их частей и проблема демонстрации этих явлений

Кубасова Ольга Владимировна

10 класс

Научный руководитель Р.В. Троицкий,
канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой, доцент ФСГУТиКД



Проблема эволюции галактик продолжает оставаться до конца не решенной. Есть несколько рабочих гипотез того, как неправильные галактики объединяются в более крупные, а спиральные при столкновении образуют гигантские эллиптические звездные системы. Более того, есть наблюдения сталкивающихся галактик, демонстрирующие, как происходят подобные слияния. Эти наблюдения совпадают с результатами компьютерного моделирования таких процессов. Не совсем понятно, что происходит с карликовыми эллиптическими и сфероидальными галактиками: такие звездные системы, как правило, достаточно компактны и вряд ли могут подвергаться разрушению при столкновении с другими галактиками, пусть даже и гигантскими. Правда, две такие карликовые (компактные) системы, если они столкнутся, могут разрушиться, но вероятность их столкновения совершенно ничтожна. Конечно, такие галактики могут целиком влияться в крупные спиральные звездные системы, образуя богатые шаровые скопления. Тем не менее в нашей Галактике таких скоплений не обнаружено. Самые богатые шаровые скопления содержат несколько миллионов звезд, а самые бедные — десятки миллионов.

Если иерархичность звездных систем до масштаба их звездных масс примерно $10^7 M_{\odot}$ (карликовые галактики) не вызывает никаких сомнений, дальнейшая классификация рождает вопросы. Мало того, что пути эволюции галактик не до конца понятны, разброс их звездных масс составляет 6 порядков [1]. Такого не наблюдается ни в одном из разделов астрономии. Например, масса звезд колеблется от $100 M_{\odot}$ (предел Эддингтона) до примерно $0,1 M_{\odot}$, то есть составляет 3 порядка. Масса планет колеблется с разбросом не более 4 порядков [2]. Рассеянные звездные скопления состоят из нескольких десятков — нескольких тысяч звезд (диапазон — 3 порядка).

Как эволюционируют галактики и почему среди них наблюдается разброс масс как минимум в 6 порядков? Что гарантирует внутреннюю

устойчивость галактик, ведь их звезды непрерывно движутся, иначе они упали бы на галактический центр? Насколько устойчиво движение звезд в галактике по отношению к возмущающему действию других внешних тел (при взаимодействии галактик)? По каким законам движутся звезды вокруг галактического центра?

Эти вопросы имеют фундаментальное значение, но у них есть и чисто практическая сторона. Дело в том, что картинки вращающихся галактик, которые демонстрируются в научно-популярных программах (CNN и других), — неадекватны. Таким образом, наша задача заключалась еще и в том, чтобы создать модель галактики для ее демонстрации, в том числе под куполом нового нижегородского планетария, где необходимо показывать движение как отдельных объектов галактики, так и звездной системы в целом.

Практическая проблема — выработка рекомендаций для демонстрации движения звезд в системах и движения узора галактик.

Исходя из этого, мы попытались рассчитать кривую вращения в простой модели галактики. На самом деле вращение звездных систем более сложное. Так, спиральные галактики кроме вращения звезд и их скоплений вокруг центра демонстрируют вращение своего спирально-узора (рукавов) как твердого тела. Существует по крайней мере две конкурирующих теории вращения узора. Моделировать вращение узора достаточно просто, но отследить при этом движение одной звезды гораздо более сложная задача, которую здесь мы решить не сможем.

Рассчитаем скорость движения звезд вокруг центра эллиптической галактики типа E0. Выберем модель зависимости плотности от расстояния:

$$\rho(r) = \begin{cases} Ar^{-2.5} \text{ при } r > r_0, & A \text{ — некоторая постоянная,} \\ \rho_0 \text{ при } r < r_0. & \end{cases}$$

Тогда:

$$v(r) = \begin{cases} r \sqrt{4/3\pi G \rho_0}, \text{ при } r < r_0 \\ \sqrt{4/3\pi G \rho_0 r_0^3/r + 8\pi G A(1/\sqrt{r} - \sqrt{r_0}/r)}, \text{ при } r > r_0. \end{cases}$$

При этом максимальное значение скорости достигается при $r = [2\sqrt{r_0} - \rho_0 r_0^3/(3A)]^2$. Все величины считаем приблизительно равными размерам галактики. Опираясь на полученные данные, мы имеем возможность построить график зависимости угловой скорости от расстояния до центра звездной системы.

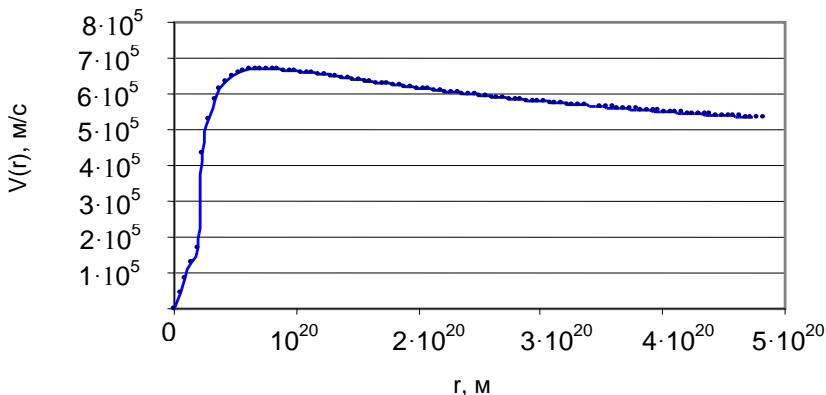


Рис. 1. Кривая вращения для выбранной модели. Параметры A и r_0 пересчитаны исходя из массы и размера балджа галактики

Мы получили зависимость скорости движения отдельных звезд от их расстояния до центра галактики. Мы считали, что все звезды движутся строго по окружностям вокруг галактического центра с постоянной (для каждой звезды) угловой скоростью. На самом деле это не так, по крайней мере в спиральных галактиках. Их звезды, находящиеся вблизи спирального рукава, испытывают его возмущающее притяжение. Именно благодаря этому возмущению по одной из теорий движения спирального узора он вращается почти как твердое тело.

В связи с этим предложены две основные рекомендации для показа движения звездных систем и их составляющих на куполе нижегородского планетария.

1. Если демонстрируется спиральная галактика с узором, то его следует показывать не отдельными точками, а расплывчатыми линиями, очертания которых медленно меняются — «плывут» при вращении самого узора с постоянной угловой скоростью.

2. Если демонстрируется часть галактики вблизи ее центра, то угловая скорость вращения звезд вокруг него должна быть тем больше, чем ближе к нему эти звезды находятся.

Литература

1. Астрономия XXI века / под ред. В.Г. Сурдина. — М. : УРСС, 2007.
2. Физика космоса : малая энциклопедия / под ред. Р.А. Сюняева. — Изд. 2-е. — М. : Советская энциклопедия, 1986.



Распределение солнечной энергии для объектов пояса Койпера (на примере Эриды)

Солоницына Анастасия Александровна
9 класс

Научный руководитель Н.И. Лапин

Пояс Койпера, обширная зона, лежащая за орбитой Нептуна, может оказаться самой густонаселенной частью Солнечной системы с десятками, а может, и сотнями небольших ледяных, замерзших планет. Их называют транснептуновыми объектами. Особое внимание привлекают к себе наиболее крупные из них, такие как: 2004 XR190, Санта, Quaoar, Седна и Эрида. Все они находятся на значительном расстоянии от Солнца, мало изучаются.

В данной работе показана зависимость распределения солнечной энергии для объектов пояса Койпера от их удаления от Солнца. Для этого пришлось определить параметры орбиты планеты, построить модель теплообмена, вычислить количество выделяемой Солнцем энергии для объектов пояса Койпера, рассчитать динамику температуры, построить графики зависимости температуры и энергии от расстояния.

С этой целью составляется уравнение теплового баланса, на котором основана вся наша модель. Считается, что объекты пояса Койпера находятся в тепловом равновесии с электромагнитным излучением Солнца. Это означает, что объекты должны иметь такую температуру, чтобы в любой момент времени излучать столько же энергии, сколько получают от Солнца. Форма планеты сферическая. В действительности часть солнечной энергии, например при приближении планеты к Солнцу, уходит на ее нагрев, это означает, что полного теплового равновесия нет. И наоборот, когда планета удаляется от Солнца, она будет теплее, чем в нашей модели, так как будет излучать запасенную тепловую энергию. Это различие модели с реальностью можно назвать тепловой инерцией.

В предложенной модели используется общая теория, в которой полагается, что наша планета находится в тепловом равновесии с излучением Солнца. И это равновесие не нарушается в течение всего периода обращения.

Основным моментом данной модели является равенство энергии, получаемой планетой на расстоянии r от Солнца, и излучаемой энергии Солнца. Предположение, что солнечная энергия равномерно распределена, привело к выражению, в котором энергия, излучаемая абсолютно черным телом определенных размеров, равномерно распределяется в объеме, и только малая часть этой энергии попадает на нашу планету. В качестве главной задачи данной модели ставится выяснение зависимости температуры от получаемой энергии. Приближение, которое используется: планета имеет сферическую форму, удельная теплоемкость планеты постоянна, орбита движения планеты эллипс.

По закону Стефана — Больцмана энергия, излучаемая Солнцем в единицу времени, равна $E = \sigma T^4$.

Эта энергия распространяется с поверхности Солнца радиусом R_s . Поэтому полная энергия, излучаемая в единицу времени вычисляется по формуле:

$$E = 4\pi\sigma T^4 R_s^2.$$

Эта энергия распределяется в объеме сферы, площадь поверхности которой $S = 4\pi r^2$.

На единицу площади данной сферы в единицу времени приходится энергия $E = \frac{4\pi\sigma T^4 R_s^2}{4\pi r^2}$.

Энергия, которая приходится на нашу сферическую планету, с учетом того, что планета перехватывает солнечный свет только с площади, равной поперечному сечению объекта pR^2 :

$$E = \pi\sigma T^4 R_s^2 \frac{R^2}{r^2},$$

где R — радиус планеты.

Эта энергия равна энергии, которую излучало бы Солнце, если бы оно имело точно такую же температуру, как и наша планета, при том, что излучение происходит со всей поверхности равномерно. Следовательно: $E = 4\pi\sigma R_s^2 T_{pl}^4$, где T_{pl} — температура на поверхности изучаемого объекта.

Сравнивая эти две формулы, получаем:

$$T_{pl} = T \sqrt{\frac{R}{2r}}.$$

Зависимость распределения энергии в околосолнечном пространстве выражается формулой

$$E = \sigma T^4 \frac{R^2}{4r^2}.$$

В расчетах используем $T = 6000$ К, $R = 1500$ км = 1/1000 а. е., $r = 97.6$ а. е., $T_{pl} = 13.64$ К; при $r = 36.8$ а. е. $T_{pl} = 22.11$ К (расчет проводился для максимального и минимального расстояния до Солнца).

В ходе работы рассчитана динамика температуры поверхности Эриды во время ее движения по орбите. Построена модель теплообмена, в которой она находится в тепловом равновесии с излучением Солнца. При этом мы пренебрегли тепловой инерцией, теплоемкостью и отражательной способностью излучения. Для построения более точной модели требуются дополнительные исследования и более серьезный математический аппарат, который учитывал бы отражающие способности твердых тел.

Наши расчеты и модель подтверждают ранее полученные экспериментальные данные средней температуры на этой планете.

Литература

1. *Блудов, М. И. Беседы по физике / М. И. Блудов. — М. : Просвещение, 1973. — 192 с.*
2. *Гибсон, Э. Спокойное Солнце / Э. Гибсон. — М : Мир, 1977.*
3. *Гутник, Е.М. Физика : учебник для 9 класса / Е.М. Гутник, А.В. Перышкин. — М. : Дрофа, 2003. — 256 с.*
4. *Кабардин, О.Ф. Факультативный курс физики / О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов, Н.И. Шеффер. — М. : Просвещение, 1987. — 208 с.*

Генетическая классификация туманностей

Троицкий Павел Романович

7 класс

**Научный руководитель Р.В. Троицкий, канд. физ.-мат. наук,
зав. кафедрой, доцент ФСГУТИКД**

Цель нашей работы — создание единой классификации объектов, известных в астрономии как туманности. К настоящему времени такой не существует, хотя для многих космических тел и систем классификации разработаны. Так, основой классификации звезд служит принадлежность к спектральному классу светимости и условное положение на диаграмме Герцшпрунга — Рассела (например, Солнце — желтый карлик dG2). Для галактик есть несколько классификаций, самая распространенная — морфологическая (знаменитый «камертон» Хаббла).

Целостная классификация туманностей, во-первых, может быть методически полезной, если она будет способствовать запоминанию разнообразных видов астрономических объектов и их систем, а во-вторых, поможет ликвидировать некоторую путаницу в морфологической принадлежности туманностей (например, грань между диффузной и волокнистой туманностью иногда размыается).

Основные требования к любой классификации достаточно просты:

1. Она должна делить объекты на группы по наиболее существенному, важному признаку.

2. Классификация должна не только включать все известные типы объектов, но и естественным образом распространяться на вновь открываемые объекты, не похожие на уже известные.

3. Классификация должна, по крайней мере, допускать деление групп объектов на подгруппы, то есть обладать внутренней структурой.

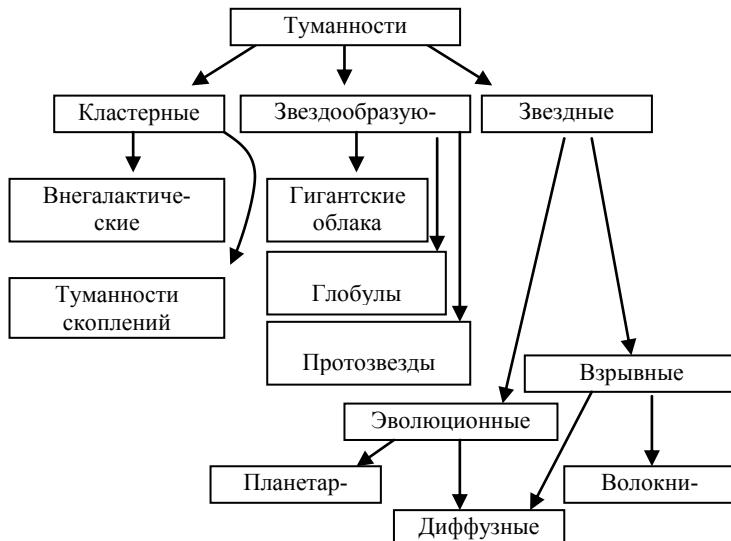
4. Классификация должна быть по возможности достаточно простой, четкой и наглядной, то есть не должно возникать споров относительно того, к какой группе или подгруппе отнести тот или иной объект.

Элементы классификации туманностей присутствуют и в существующих схемах деления. Туманности условно дифференцируют по их внешнему виду и форме (темные и светлые, планетарные, диффузные, волокнистые), по происхождению (туманности, образованные ударными волнами, вспышками сверхновых и др.), светлые туманности подразделяются на самосветящиеся и светящиеся отраженным светом, но единая система не разработана.

Мы создали классификацию, в основе которой лежит происхождение туманностей, поэтому ее уместно назвать генетической (генезис — греч. «происхождение»). Все туманности мы делим на три

большие категории: кластерные, звездообразующие и звездные. Кластерные туманности — это туманности, образованные группами сформировавшихся объектов, то есть звездные скопления в нашей Галактике и другие галактики (внегалактические туманности). Звездные туманности появляются в процессе звездной эволюции. Это взрывные туманности, обязанные своим образованием вспышкам сверхновых, и эволюционные туманности, возникающие при сбросе звездами части своей оболочки. Звездообразующие туманности — это гигантские молекулярные облака, глобулы, протозвезды и звезды, порождающие планеты (окруженные протопланетным диском). Детальное рассмотрение дает возможность отнести любую туманность к одному из основных типов и подтипов, а также учитывать возможности открытия новых видов туманностей. Такая классификация удобна и методически полезна, поскольку позволяет сразу понять природу любой туманности.

Генетическая классификация туманностей



Литература

1. Кононович, Э.В. Общий курс астрономии : учебн. пособие / Э.В. Кононович, В.И. Мороз ; под ред. В.В. Иванова. — М. : Эдиториал УРСС, 2001. — 544 с.
2. Куликовский, П.Г. Справочник любителя астрономии / П.Г. Куликовский ; под ред. В.Г. Сурдина. — 5-е изд. — М. : Эдиториал УРСС, 2002. — 688 с.
3. Шкловский, И.С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть / И.С. Шкловский. — М. : Наука, 1984. — 384 с.
4. Румянцев, А.Ю. Астрономия в терминах, таблицах и схемах / А.Ю. Румянцев. — Магнитогорск : Изд. Магнитогорского госуниверситета, 2003. — 167 с.
5. Физика космоса : маленькая энциклопедия. — М. : Советская энциклопедия, 1986. — 783 с.

Химия



Скорость протекания реакций

Езерский Артем Александрович
6 класс

Научный руководитель Н.В. Кулешова,
канд. хим. наук, доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского



Химическая кинетика — один из важнейших разделов химии, задача которого объяснение качественных и количественных изменений химического процесса, происходящих во времени.

Химическая реакция заключается в разрыве одних и образовании других связей молекул, поэтому она сопровождается выделением или поглощением энергии в виде теплоты, света, работы расширения образовавшихся газов.

Скорость химической реакции определяется количеством вещества, прореагировавшего в единицу времени в единице объема или на единице поверхности. Скорость каждой химической реакции зависит как от природы реагирующих веществ, так и от условий, в которых реакция протекает. Важнейшими из этих условий являются: концентрация, температура и присутствие катализатора.

Влияние концентрации реагирующих веществ может быть объяснено из представлений, согласно которым химическое взаимодействие есть результат столкновения частиц. Увеличение числа частиц в заданном объеме приводит к более частым их столкновениям, то есть к увеличению скорости реакции.

Многочисленные опыты показывают, что при повышении температуры скорость большинства химических реакций существенно увеличивается, причем для реакций в гомогенных системах при нагревании на каждые десять градусов скорость реакции возрастает в 2—4 раза.

На скорость протекания реакции влияют условия ее проведения. На примере взаимодействия аммиака с хлороводородом в герметично закрытой стеклянной трубке показано, что скорость образования хлорида аммония по реакции $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ зависит от положения трубки в пространстве (рис. 1).

Молекулы NH_3 легче, чем молекулы HCl , поэтому скорость движения их выше и облако NH_4Cl образуется ближе к концу трубки с HCl .

Скорость растворения металлического магния в уксусной кислоте зависит от концентрации кислоты (рис. 2).

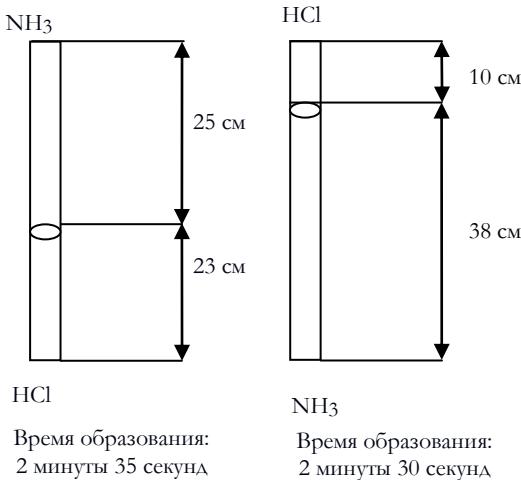
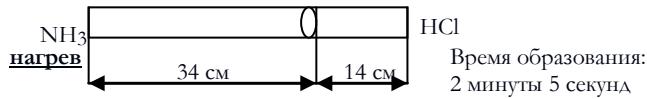
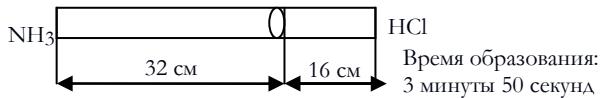


Рис. 1. Образование хлорида аммония

Влияние вязкости среды показано на реакции взаимодействия гидроксида натрия и фенолфталеина, приготовленных на растворе крахмального клейстера. Молекулы NaOH значительно меньше и движутся быстрее, чем молекулы фенолфталеина, и окрашивание происходит с разной скоростью при изменении порядка слияния реагентов.

Влияние катализатора исследовано на реакции окисления перманганатом калия щавелевой кислоты в сернокислой среде. При комнатной температуре реакция протекает очень медленно. Нагревание ускоряет реакцию. При добавлении MnSO₄ реакция проходит быстро даже при комнатной температуре. Ионы Mn²⁺ являются катализаторами.

Таким образом, нами было изучено влияние различных факторов на скорость протекания химических реакций и показано, что скорость химических реакций зависит:

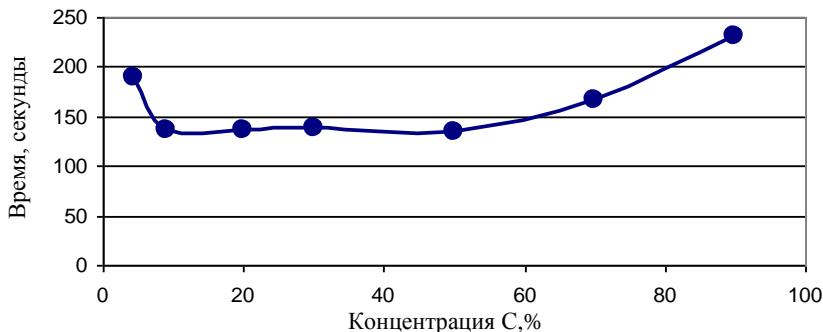
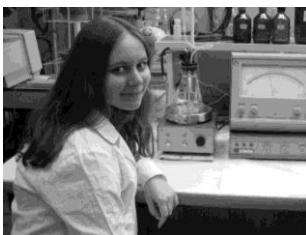


Рис. 2. Зависимость скорости растворения металлического магния в уксусной кислоте от концентрации кислоты

- от условий проведения реакций;
- концентрации реагирующих веществ;
- температуры реактора;
- вязкости среды.

Литература

1. *Орлик, Ю.Г.* Химический калейдоскоп / Ю.Г. Орлик. — Минск : Народная асвета, 1988. — 112 с.
2. *Ольгин, О.* Опыты без взрывов / О. Ольгин. — М. : Химия, 1986. — 192 с.



Определение растворенного кислорода

Муратова Майя Максимовна
10 класс

Научный руководитель Н.В. Кулешова,
канд. хим. наук, доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Природная вода, соприкасающаяся с воздухом, содержит кислород в равновесной с ним концентрации, которая зависит от атмосферного давления, температуры, содержания растворенных в воде солей. Концентрация растворенного кислорода колеблется в ограниченных пределах: от 0 до 14 мг/л. В водоемах, используемых для хозяйственного питьевого водоснабжения, содержание растворенного кислорода должно быть не менее 4 мг/л. При остром недостатке кислорода в водоеме поселяются анаэробные бактерии и водоем загнивает. Для обитателей водоемов содержание кислорода часто является лимитирующим фактором. С другой стороны, присутствие его в системе водотеплоснабжения, в продуктопроводах растворов химических веществ приводит к коррозии оборудования.

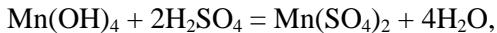
Среди методов определения концентрации растворенного кислорода самым старым, но до сих пор не потерявшим своей актуальности остается химический метод Винклера. Определение основано на реакции растворенного кислорода с гидроксидом марганца (II) и на йодометрическом определении высших по степени окисления соединений марганца.

В исследуемую воду в отсутствии контакта с атмосферным воздухом вводили растворы сульфата марганца, гидроксида калия и йодида калия. При этом протекали следующие реакции:

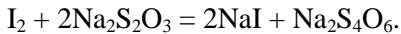


Пробу устанавливали на магнитной мешалке и оставляли на 15 минут для связывания растворенного кислорода. Перемешивание прекращали и выжидали 10—15 минут до полного осаждения гидроксидов марганца. Прозрачный раствор сливали декантацией, а к осадку приливали раствор серной кислоты для растворения гидроксидов. При

этом ионы Mn^{4+} восстанавливались иодид-ионами до Mn^{2+} , а иодид-ионы окислялись до йода:



Выделившийся йод оттитровывали раствором тиосульфата натрия:



Титрование проводили классическим методом с использованием крахмала в качестве индикатора.

Поскольку определение газов в водных объектах связано с необходимостью ограничения контакта пробы с атмосферным воздухом как во время отбора проб, так и во время анализа, то более удобным оказался метод потенциометрического титрования. Для этого использовали ячейку объемом 400 мл, с широким горлом, плотно закрытым резиновой пробкой. В пробке сделаны отверстия, и в них без зазора вставлена электродная пара (платиновый индикатор и хлоридсеребряный электрод сравнения), капилляр для ввода реагентов, сливной сифон. Ячейку устанавливали в чашке Петри на магнитную мешалку.

В ходе потенциометрического титрования фиксировали ЭДС электродной пары в процессе добавления титрата непосредственно в ячейку.

По полученным данным строили кривую титрования в координатах E , мВ — V , мл, находили эквивалентный объем тиосульфата натрия и рассчитывали содержание кислорода.

По данной методике было проведено определение растворенного кислорода в водопроводной воде после отстаивания ее в течение суток при комнатной температуре, а также изучено влияние температуры пробы воды на содержание в ней растворенного кислорода. График зависимости содержания растворенного кислорода от температуры воды представлен на рис. 1.

Описанная методика использована для определения кислорода в воде аквариума. Анализ аквариумной воды показал низкое содержание растворенного кислорода (4,2 мг/л). Это позволило объяснить частую гибель рыб и дать рекомендации по улучшению ситуации.

В результате проведенного исследования отработана методика определения растворенного кислорода методом Винклера с потенциометрическим детектированием, изучено влияние температуры на растворимость кислорода, проведено диагностирование кислорода в

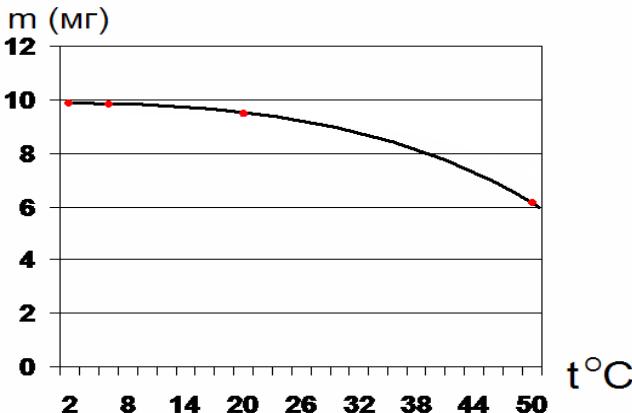


Рис. 1. Зависимость содержания растворенного кислорода от температуры воды

реальных образцах водопроводной воды, определено содержание кислорода в воде аквариума и даны рекомендации по насыщению аквариумной воды кислородом.

Литература

1. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. — Л. : Гидрометеоиздат, 1973. — С. 36—44.
2. Кольтгоф, И.М. Количественный анализ / И.М. Кольтгоф, Е.Б. Сендэл ; под ред. Лурье Ю.Ю. — 3-е изд. — Л. : Госхимиздат, 1948. — С. 639.
3. Коренман, И.М. Аналитическая химия малых концентраций / И.М. Коренман. — М. : Химия, 1966. — С. 58.
4. Лурье, Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. — 4-е изд. — М. : Химия, 1974. — С. 45—54.
5. Руководство по химическому анализу вод суши. — Л. : Гидрометеоиздат, 1941. — С. 40—49.
6. Скопинцев, Б.А. Об определении растворенного в воде кислорода в присутствии восстановителей / Б.А. Скопинцев, О.В. Митягина // ЖПХ. 1939. Т. 12, № 8.
7. Скопинцев, Б.А. Определение растворенного кислорода в водах, содержащих различные окислители и восстановители / Б.А. Скопинцев, Ю.С. Овчинникова // ЖПХ. 1933. Т. 6, № 6. С. 1173—1179.
8. О сопоставлении определений растворенного в воде кислорода по методу Винклера / А.М. Чернякова, Д.П. Салливан, П.А. Стунжас, Ю.Р. Налбандов, С.Г. Поярков, А.Н. Калвайтис, Д.Л. Соломон // Океанология. 1983. Т. 23, № 4. С. 681—687.

Исследование окислительно-восстановительных реакций

Троицкий Павел Романович
8 класс

Научный руководитель Н.В. Кулешова,
канд. хим. наук, доцент ННГУ
им. Н.И. Лобачевского



Окислительно-восстановительные реакции чрезвычайно распространены как в технике, так и в природных процессах. Это горение газа, выплавка металлов, получение основных минеральных кислот (серной, азотной, соляной) и т. д. Эти реакции используются на электростанциях, коммунальных предприятиях, в автомобилях при сжигании топлива. Окислительно-восстановительными реакциями являются процессы дыхания, обмена веществ, превращение продуктов питания в организмах с целью получения энергии. Большое число аналитических определений основано на окислительно-восстановительных реакциях. В нашей работе мы попытались исследовать условия протекания некоторых окислительно-восстановительных реакций, поставить эксперименты по изучению их особенностей.

Окислительно-восстановительными называют реакции, протекающие с изменением степени окисления некоторых атомов, входящих в состав реагирующих веществ. Термины «окисление» и «восстановление» объясняются их происхождением: первоначально они применялись к реакциям образования и разложения оксидов металлов, например окисление металла $\text{Cu} + 0.5\text{O}_2 = \text{CuO}$ (присоединение кислорода) и восстановление металла из оксида $\text{CuO} + \text{H}_2 = \text{Cu} + \text{H}_2\text{O}$ (отдача кислорода).

В настоящее время принято считать, что окислительно-восстановительные реакции сопровождаются полным или частичным переходом электронов от одного атома к другому в пределах одной или нескольких атомно-молекулярных частиц. Окислением называется процесс отдачи электронов, а восстановлением — процесс принятия электронов.

Частица, отдающая электроны, называется восстановителем, а частица, принимающая электроны, — окислителем. При окислении атома его степень окисления возрастает. Например:



окисление

А при восстановлении — уменьшается. Например:



восстановление

Активными окислителями являются частицы с высокими степенями окисления (например, марганец в $\text{KMn}^{+7}\text{O}_4$), а восстановителями — с низкими степенями окисления (серу в H_2S^{-2}). На протекание окисительно-восстановительных реакций влияет природа вещества, концентрация, температура, кислотность среды.

Я провел несколько экспериментов и пришел к выводу, что окисление или восстановление какого-либо вещества сильно меняет его свойства. За протеканием реакции я наблюдал по внешним эффектам, например изменению окраски, образованию или растворению осадка, выделению газа (в том числе с появлением запаха).

Типичным окислителем является кислород. Окисление (горение) бытового газа протекает по реакции:



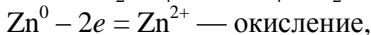
Реакции горения углеводородного сырья широко используются для получения энергии.

Окисление магния кислородом воздуха: $\text{Mg} + \text{O}_2 = \text{MgO} + \text{Q}$.

Реакция сопровождается выделением тепловой и световой энергии.

Кислоты также являются окислителями. Металлы, стоящие в ряду напряжений до водорода, вытесняют его из растворов кислот.

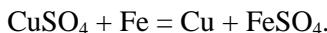
Окислительные свойства кислот изучены на примере серной кислоты:



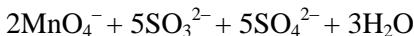
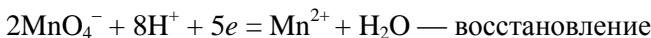
Реакция используется для получения водорода в лабораторных условиях.

Скорость протекания окислительно-восстановительных реакций зависит от температуры (реакция цинка с серной кислотой протекает быстрее при нагревании).

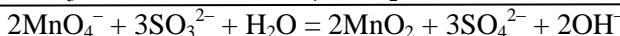
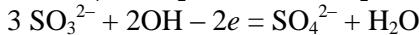
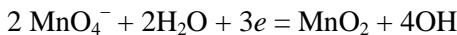
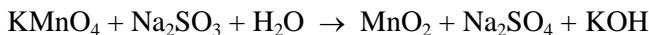
Металлы, стоящие в ряду напряжений до водорода, вытесняют его из растворов кислот. Таким образом, металлы являются восстановителями. Чем левее металл в ряду напряжений, тем сильнее его восстановительные свойства. Железо восстанавливает ионы меди из раствора.



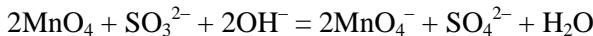
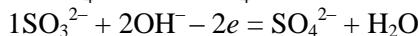
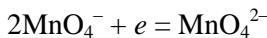
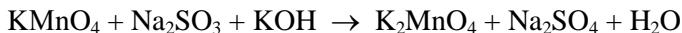
На протекание окислительно-восстановительной реакции влияет характер среды. Перманганат калия в кислой среде восстанавливается до марганца (+2) — раствор обесцвечивается:



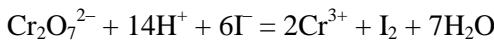
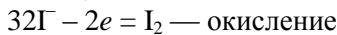
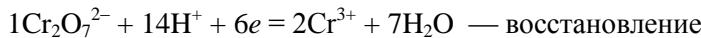
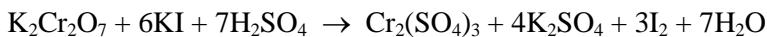
В нейтральной — восстанавливается до марганца (+4): выпадает бурый осадок:



В щелочной среде перманганат калия восстанавливается до марганца (+6) — цвет изменяется на изумрудно-зеленый:

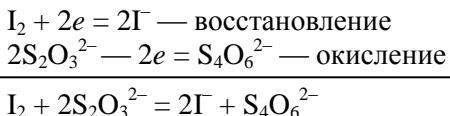
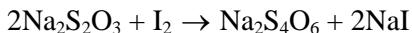


Некоторые вещества могут обратимо окисляться и восстанавливаться. Например, иодид может быть окислен до иода в кислой среде по реакции



(появилась коричневая окраска)

Выделившийся йод вновь можно восстановить до иодида тиосульфатом натрия по реакции



Йод восстановился до иодида (окраска исчезла).

Таким образом, проведя описанные окислительно-восстановительные реакции, мы убедились, что их протекание зависит от природы окислителя и восстановителя, температуры, реакционной среды и ее кислотности.

Литература

1. Ольгин, О. Опыты без взрывов / О. Ольгин. — М. : Химия, 1986. — 192 с.
2. Химия : пособие-репетитор для поступающих в вузы. — М. : Феникс, 2003. —768 с.

Определение остаточного алюминия в водопроводной воде

Фаррахова Нелли Фанисовна
10 класс

Научный руководитель Н.В. Кулешова,
канд. хим. наук, доцент ННГУ им. Н.И. Лобачевского



Контроль за содержанием нормированных примесей в питьевой воде, к числу которых относится Al, не теряет своей актуальности. Соли Al добавляются в питьевую воду на стадии водоподготовки для очистки ее от взвешенных частиц.

Объектом нашего исследования стала водопроводная вода в Советском районе Нижнего Новгорода. Действие соединений алюминия основано на том, что ионы этого металла легко гидролизуются, образуя при этом коллоидный гидроксид алюминия, который быстро коагулирует. Хлопья образующегося продукта захватывают содержащиеся в воде примеси. Затем загрязненный осадок гидроксида алюминия отфильтровывают. В результате этого процесса уменьшается мутность воды, цветность, улучшается запах и вкус. Глубина гидролиза ионов алюминия зависит от ряда факторов, важнейшие из которых концентрация реагента, температура, кислотность, химический состав воды. При нарушении условий дозировки реагента, особенно в зимний период, когда температура воды низка, ионы алюминия гидролизуются не полностью, это является причиной повышения концентрации солей алюминия в воде.

Для определения ионов алюминия в водах применяются различные методы анализа, наиболее часто — фотометрический. В качестве реагентов применяют 8-оксихимилин, эриохромцианин или алюминон. Определение алюминия с помощью алюминона основано на образовании в слабокислых средах окрашенного в красный цвет продукта. Интенсивность окраски растворов комплекса алюминия с алюминоном прямо пропорциональна содержанию в них алюминия.

Содержание алюминия мы определяли по реакции образования окрашенного соединения с алюминоном при pH 4,5 способом градиуровочного графика. Для выбора оптимальных условий фотометрирования был снят спектр поглощения продукта реакции — зависимость оптической плотности от длины волны проходящего света. Максимум поглощения наблюдается при длине волны 490 нм, что соответствует светофильтру № 4 на фотоэлектроколориметре КФК-2МП. Все дальнейшие измерения проводили при этой длине волны.

Далее мы построили градиуровочный график, то есть зависимость оптической плотности от содержания алюминия в пробе. Растворы градиуровочной серии имели одинаковый объем и содержали одинаковое количество алюминона, буферного раствора, но разное количество алюминия. Оптическую плотность растворов градиуровочной серии измерили относительно раствора для сравнения, который содержал все реагенты, кроме алюминия.

Для определения алюминия в водопроводной воде отобрали пробы холодной воды из-под крана и обрабатывали их так же, как и растворы градиуровочной серии: добавляли алюминон, буферный раствор, затем нагревали на водяной бане 15 минут, охлаждали при комнатной температуре и фотометрировали. По результатам измерений определили содержание алюминия. Оно составило в январе — феврале 2008 года ($0,20 \pm 0,10$) мг/л. То есть в отдельные дни содержание алюминия было выше ПДК (0,2 мг/л). Экспериментально установлено, что через 2 часа после отбора пробы водопроводной воды содержание алюминия в ней уменьшалось на 30—40 %.

В данной работе была освоена методика определения алюминия в водных растворах по реакции с алюминоном и установлены оптимальные условия проведения анализа. Присутствие солей кальция, магния и железа не мешает диагностированию алюминия. Определено содержание остаточного алюминия в пробах водопроводной воды. В отдельные дни установлено превышение ПДК. Поэтому водопроводную воду перед использованием желательно отстаивать.

Литература

1. Алекин, О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. — Л. : Гидрометеоиздат, 1973. — С. 36—44.
2. Бабко, А.К. Фотометрический анализ : общие сведения и аппаратура / А.К. Бабко, А.Т. Пилипенко. — М. : Химия, 1968. — 258 с.
3. Бургер, К. Органические реагенты в неорганическом анализе / К. Бургер. — М. : Мир, 1975. — 272 с.
4. Венецкий, С.И. Рассказы о металлах / С.И. Венецкий. — М. : Металлургия, 1986.
5. Коренман, И.М. Аналитическая химия малых концентраций / И.М. Коренман. — М. : Химия, 1966. — 58 с.
6. Лурье, Ю.Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю.Ю. Лурье, А.И. Рыбникова. — 4-е изд. — М. : Химия, 1974. — С. 45—54.
7. Некрасов, Б.В. Учебник общей химии / Б.В. Некрасов. — М. : Химия, 1981.
8. Сойфер, Н.В. Антропогенная токсификация планеты / Н.В. Сойфер. — М. : ISSEP, 1998. — 127 с.
9. Суворов, А.В. Общая химия / А.В. Суворов, А.Б. Никольский. — СПб. : Химия, 1995.
10. Ходаков, Ю.В. Металлы / Ю.В. Ходаков, В. Василевский. — М. : Просвещение, 1966.

История науки



Пифагор как родоначальник научного метода

*Горбушина Юлия Евгеньевна
8 класс*

Научный руководитель Р.А. Гоголев,
канд. филос. наук, доцент ННГАСУ



Пожалуй не найти человека, который бы не слышал имя Пифагора. У большинства людей оно ассоциируется со знаменитой теоремой. И мало кто знает, что для современников Пифагор был в первую очередь политическим и религиозным деятелем, основателем философской школы.

Пифагор не оставил после себя рукописных сочинений, он держал свое знание в тайне и передавал ученикам устно, и очень трудно разобраться, какие из многочисленных открытий принадлежат самому Пифагору, а какие — его ученикам и последователям; какие сведения основываются на действительных фактах, а какие — только красивые легенды. Множество научных трудов посвящено Пифагору как основателю современной европейской науки, причем не только математики.

Существует и противоположная точка зрения, что Пифагор — «шаман», мистик, мошенник. Это мнение основывается на том, что ученики школы приписывали свои открытия первооснователю, то есть сама фигура Пифагора превратилась в миф, требующий осмыслиения.

Вопрос о роли и статусе Пифагора в истории культуры является принципиальным для рассмотрения проблем происхождения научного метода. Чтобы установить подлинное место Пифагора в истории науки, мы проанализировали источники, повествующие о нем и его школе, реконструировали повседневную жизнь Пифагорейского союза.

О жизни Пифагора нам доподлинно известно очень немного. Великий ученый родился на острове Самосе около 570 г. до н. э. Отцом его был Мнесарх, резчик по драгоценным камням. Самосские поэты уверяли, что отцом Пифагора был сам бог Аполлон. Имя матери Пифагора спорно, некоторые называют ее Пифайдой, дочерью рода Анкея — основателя Самоса [1, с. 322; 2, с. 39; 5, с. 26]. Наконец, многие считали, что Пифагор не имя, а прозвище (буквально «тот, о ком объявила Пифия»). По другим источникам имя Пифагора означает «убеждающий речью» [5, с. 27, 160].

Учителями Пифагора считают Гермодаманта и Ферекида. Первый ввел его в круг муз, второй обратил его ум к логосу. Ферекид направил взор Пифагора к природе и в ней одной советовал видеть своего первого и главного учителя. Существует мнение, что учителем Пифагора являлся Фалес. По легенде именно он посоветовал Пифагору отправиться за знаниями в Египет и на Восток. Там Пифагор посетил самосскую колонию Навкратис, изучил язык и религию египтян. Во время возвращения в Элладу он был захвачен в плен вавилонским царем Камбизом. В Вавилоне терпимо относились к пленникам, и эллинский мудрец получил возможность изучать науки. Вавилонская математика была, бесспорно, более развитой, чем египетская (позиционная система счисления и др.), но роль вечного ученика-прислужника вавилонских халдеев не могла удовлетворить такую личность, как Пифагор. Поэтому, когда Кир двинулся в очередной поход против племен Средней Азии, Пифагор воспользовался возможностью и сбежал на родину [7, с. 77].

По другим версиям Пифагор никогда не был в Египте и Вавилоне. Все его научные труды были оригинальны, самостоятельны, а знания получены в Греции [10, с. 22].

На Самосе в это время царствовал тиран Поликрат. Пифагора не устраивала жизнь придворного полураба, полуслуги, он удалился в пещеры, а затем на остров Сицилия, в г. Кротон. Там он создал тайное общество «Пифагорейский союз». Это было одновременно и религиозное братство, и политическая партия, и научно-философская школа. Устав союза был очень суровым. Каждый, кто вступал в него, отказывался от личной собственности в пользу союза, обязывался не проливать крови, не употреблять мясной пищи, беречь тайну учения Пифагора. Членам школы запрещалось обучать других за вознаграждение.

Пифагор стал первым человеком, который противопоставил себя мудрецам, назвав себя философом, буквально «любящим мудрость». Главной заслугой «Пифагора и пифагорейцев» является не открытие математики, но ее систематизация и обоснование. В их руках вычислительные рецепты, основанные на смутных представлениях, превратились в точную науку» [6, с. 129]. По нашему мнению, это утверждение будет справедливо распространить не только на математику, но и на науку вообще.

Точные сведения о смерти Пифагора неизвестны. Считается, что он жил около девяноста лет. Его смерть описывается по-разному (погиб во время пожара, покончил жизнь самоубийством, погиб в скита-

ниях), но во всех источниках указано, что Пифагор не отказался от своих убеждений и пострадал за них.

Изображение жизни Пифагора постоянно переплетается с рассказом о его учении и образе жизни его учеников, причем жизнь и деятельность учеников рассматривается как продолжение личности Пифагора, философа и учителя жизни.

День пифагорейцам надлежало начинать со стихов:

Прежде чем встать от сладостных снов, навеваемых ночью,

Думой раскинь, какие дела тебе день приготовил. [7, с. 94]

Перед сном каждый давал себе отчет о прошедшем дне, заканчивая его стихами:

Не допускай ленивого сна на усталые очи

Прежде, чем на три вопроса о деле дневном не ответишь:

Что я сделал? Чего не сделал? Что мне осталось сделать?

[1, с. 338; 7, с. 94]

Большое внимание пифагорейцы уделяли медицине, психотерапии. Они разрабатывали приемы улучшения умственных способностей, развивали умение слушать и наблюдать. Пифагорейцы с равным усердием заботились и о физическом, и о духовном развитии. Именно у них родился термин «калокагатия», обозначавший греческий идеал человека, сочетающего в себе эстетическое (прекрасное) и этическое (добрость, добродетель, добро) начала, гармонию физических и духовных качеств. На протяжении всей истории Древней Эллады калокагатия оставалась своеобразным культом для древних греков и от них перешла к древним римлянам.

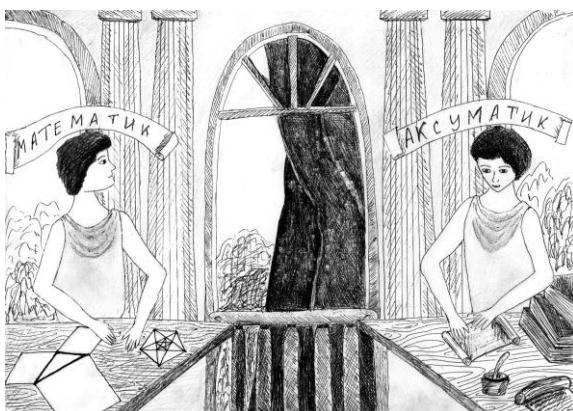
Пифагорейский образ жизни определялся тем, что нет зла большего, чем безвластие (анархия). Высшая власть принадлежит богу. После богов следует почтить правителей, родителей и старших, а также закон. В своей повседневной жизни они следовали учению о различных способах обращения с людьми в зависимости от их статуса в обще-



Пифагорейская школа.

Рисунок автора

стве. Смысл такого образа жизни — подчинение человека авторитету. В их идеале нетрудно увидеть гибкую, приспособленную к исполнению правящими группами общества социально-политическую концепцию. Построенная на авторитете общества и закона, она требует держаться отцовских обычаем и законов.



Пифагорейское знание. Рисунок автора

Пифагор организовал свою школу, пытаясь создать «аристократию духа» в лице своих учеников. Попав в орден после строгого отбора и испытательного периода, новички могли только из-за занавеса слушать голос учителя, видеть же его самого разрешалось только после нескольких лет очи-

щения музыкой и аскетической жизнью. Пифагорейский аскетизм для новичка сводился, прежде всего, к обету молчания. После пятилетнего безмолвия ученики становились изотериками и могли видеть учителя и общаться с ним. Пифагор не считал правильным участие всех учеников во всех его беседах. По некоторым сведениям [5, 8, 9], существовало два вида воспринимающих пифагорейское знание: «аксуматики» и «математики». Философия аксуматиков представляла собой изречения без доказательств и без объяснений. Все «аксумы» делятся на три вида: одни отвечают на вопрос «что такое», другие — «что есть самое», трети — «что следует делать или не делать». Математики были посвящены в суть всех учений Пифагора и развивали его научные и философские взгляды.

Кроме трансляции (обучения новых учеников) и прироста (открытия новых) знаний пифагорейцы переписывали (фиксировали) различные известные мнения мудрецов, сочинения эпических поэтов.

Пифагор был первым, кто открыл человечеству могущество абстрактного знания. Он показал, что именно разум, а не органы чувств приносит человеку истинное знание. Поэтому он советовал ученикам переходить от изучения физических объектов к изучению умозритель-

ных математических объектов. Математика стала у Пифагора орудием познания мира. За ней следовала философия — распространение накопленного знания на область мировоззрения. Так родился знаменитый пифагорейский тезис «ВСЕ ЕСТЬ ЧИСЛО».

Пифагорейцы знали четыре «*mathemata*» (μανθαντ в переводе «научиться» [12, с. 35]): теорию чисел (учение о числах — арифметика); теорию музыки (гармония); учение о фигурах и измерениях (геометрия); астрономию (гармония небесных сфер) [6, с. 393; 7, с. 116]. Особое внимание они уделяли числам и их свойствам, достаточно глубоко исследовали математические отношения, разработали основы теории пропорций и прогрессий. Но наряду с научным подходом в их учениях было много мистического. Посредством чисел они пытались осмысливать такие вечные категории бытия, как справедливость, смерть, постоянство, мужчина, женщина и прочее.

Пифагорейцы представили тона числами, а музыкальные интервалы — отношениями чисел. Открытие Пифагором закона целочисленных музыкальных отношений явилось открытием первого закона математической физики и, что еще более ценно, открытием эвристического свойства математики. «Чудесная загадка соответствия математического языка законам физики является удивительным даром, который мы не в состоянии понять и которого мы, возможно, недостойны» — так написал американский физик лауреат Нобелевской премии Ю. Вигнер. Галией говорил: «Вселенная написана на языке математики».

Многое сделал Пифагор и в геометрии. Кроме известной теоремы одна из основных заслуг пифагорейцев — открытие того факта, что между стороной и диагональю квадрата не существует общей меры (открытие иррациональных чисел $\sqrt{2}$ и др.) Были доказаны теоремы о сумме внутренних углов треугольника, о подобии фигур, решена задача о делении плоскости на правильные многоугольники, построены пять правильных многогранников «космические фигуры». Школа Пифагора немало сделала, чтобы придать геометрии характер науки. Основной особенностью метода Пифагора было объединение геометрии с арифметикой.

Пифагор одним из первых считал, что Земля имеет форму шара и является центром Вселенной, что Солнце, Луна и планеты имеют собственное движение, отличное от суточного движения неподвижных звезд. Любая планета, обращаясь вокруг Земли, проходя сквозь чистый

верхний воздух, или «эфир», издает тон определенной высоты. Высота звука меняется в зависимости от скорости движения планеты, скорость же этого движения зависит от расстояния до Земли. Сливаясь, небесные звуки образуют «гармонию сфер», или «музыку сфер», — эти слова часто используются в литературе.

К малоизвестным заслугам Пифагора и его школы относится создание грамматики [12, с. 31].

Жизнь Пифагора пришлась на расцвет эпохи культурного переворота в Древней Греции, когда происходило становление не только классического полиса, но и науки как особого явления.

Пифагор отверг знание мудрецов как таковое, заявив, что подлинными мудрецами, то есть всезнающими, могут быть только боги. Человек способен лишь уподобляться богам и почитать их, воспринимая их атрибуты и качества. Если боги мудры, то благочестивый верующий обязан любить мудрость, ибо так он становится богоподобным. Несмотря на религиозную составляющую, рациональная посылка такого умозаключения велика. Человек способен познавать, лишь переходя от неизвестного к известному, постоянно пребывая в пути. Пути мысли и жизни оказываются неразрывно связанными внутри пифагорейской школы, которая по сей день является канонической для науки. В рамках пифагорейской школы впервые осознается триединая тенденция в освоении мира: накопление, прирост и передача знания, которая отличает науку как особый социальный институт. Открытия Пифагора и его учеников были бы невозможны без осознания этого универсального научного метода: пути от неизвестного к известному с опорой на прошлое. В этом смысле приписок Пифагору многочисленных и более поздних открытий: последователи видели значимость фигуры Пифагора и его роли в формировании теоретической науки через математику.

Поиск закономерностей, выраженных в числах, до сих пор находит последователей, утверждающих, что Вселенная написана на языке математики.

Сегодняшний день — время осознания угрозы ядерного и экологического самоуничтожения человечества, время самоочищения нашего общества, и в это время роль ученого и мыслителя Пифагора выглядит современно. Как истинные произведения искусства не стареют и живут вечно, так и истинная мудрость, подаренная человечеству такими мыслителями, как Пифагор, навсегда остается с нами.

Литература

1. *Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов / Диоген Лаэртский.* — М., 1998.
2. *Пифагорейские золотые стихи с комментариями Гиерокла / пер. с древнегреч. И.Ю. Петер.* — М., 2000.
3. *Порфирий. Жизнь Пифагора // Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов.* — М., 1998.
4. *Фрагменты ранних греческих философов.* — М., 1989.
5. *Ямвлих. Жизнь Пифагора / Ямвлих ; под ред. В.Б. Черниговского.* — М., 1998.
6. *Van-дер-Варден, Б.Л. Пробуждающаяся наука. Математика Древнего Египта, Вавилона и Греции / Б.Л. Ван-дер-Варден.* — М., 1959.
7. *Гаспаров, М.Л. Занимательная Греция / М.Л. Гаспаров.* — М., 1995.
8. *Жмудь, Л.Я. Наука, философия и религия в раннем пифагореизме / Л.Я. Жмудь.* — СПб., 1994.
9. *Жмудь, Л.Я. Пифагор и его школа / Л.Я. Жмудь.* — СПб., 1991.
10. *Литцман, В. Теорема Пифагора / В. Литцман.* — М., 1960.
11. *Шичалин, Ю.А. Статус науки в орфико-пифагорейских кругах // Философско-религиозные истоки науки / отв. ред. П.Л. Гайденко.* М., 1997.



Золотой вклад в развитие астрофизики

Боханов Дмитрий Алексеевич
9 класс

Научный руководитель Р.В. Троицкий,
канд. физ.-мат. наук, зав. кафедрой, доцент ФСГУТИКД

Цель данного исследования — изучить историю жизни и научного успеха неординарного нижегородского ученого — профессора Сергея Александровича Жевакина и на его примере исследовать историю получения научного знания. Источниками для работы послужили справочники по астрономии и физике и рассказы семьи Сергея Александровича Жевакина.

Мать Сергея Александровича — Гали Николаевна Жевакина (Краченко), отец — Александр Сергеевич Жевакин, прадед — государственный преступник декабрист Иосиф Викторович Поджио (1792—1848), дед по линии отца, Сергей Иванович Жевакин, — крестьянин села Выездное, которое расположено напротив Арзамаса на другой стороне реки Тёши.

В детские годы огромное влияние на Сергея Александровича оказала мать. Все ее силы были отданы сыну. У Гали Николаевны кроме Сергея были еще две дочери, но она считала, что девочки всегда устроятся, а вот с сыном все гораздо сложнее. Сергей Александрович очень любил мать и всегда обращался к ней на «вы». Ей он в первую очередь рассказывал о своих обидах, неприятностях и радостях. «У меня было отличное детство — такому детству позавидуешь!» — фраза из записок Сергея Александровича.

Одним из двух самых дорогих мест для С.А. Жевакина всегда был Арзамас, хотя в этом городе он провел совсем мало времени (раннее детство). Но при любой оказии был готов отправиться в этот город на бывшую улицу Заводскую в дом Жевакина, где он был счастлив. Надо заметить, что из этого дома семья Жевакиных вместе с маленькими детьми была выкинута на улицу местными чекистами. Дру-



Г.Н. Жевакина с
сыном в Арзамасе

гое место — это дом № 35 (изначально был № 39 или даже 27) на улице Больничной (теперь улица Нестерова) в Нижнем Новгороде. В деревянном доме, где расположены всего 4 квартиры, на первом этаже прошло отрочество, юность и зрелость Сергея Александровича с 1926 по 1956 год.

Сергей Жевакин учился в средней школе им. Покровского. Это красное здание цело и поныне и находится на улице Ванеева напротив Оперного театра. Сейчас там расположен нижегородский технический лицей № 38.

В 1933 году Сергей Александрович поступил на физико-математический факультет Горьковского государственного университета. Он имел страсть к математике и начал учиться на соответствующем отделении физмата. На его беду, он попал к преподавателю истории ВКП(б), который был родом из Арзамаса и прекрасно знал фабриканта Жевакина. Фамилия этого человека нам неизвестна, известна его фраза: «Жевакин, ты у меня университет не закончишь». К счастью, так не случилось, Сергей Александрович перешел на физическое отделение и тем самым выпал из сферы влияния земляка-арзамасца. На физическом отделении Жевакин встретился с Александром Александровичем Андроновым (1901—1952), который был руководителем его дипломной работы и оказал на судьбу Сергея Александровича определяющее влияние.

С.А. Жевакин окончил физико-математическое отделение Горьковского государственного университета с отличием. Несмотря на хлопоты Андронова, он был отправлен на работу в одну из лабораторий завода имени Ленина. Известно, что долго он там не задержался, ему очень не нравилась организация дела на заводе. Он перешел в ЦВИРЛ (Центральная военная индустриальная радиолаборатория). Это предприятие (другое название « завод 326») расположено на Мызе. В мае 1941 года Жевакин увольняется из лаборатории, так как появилась возможность для поступления в аспирантуру.

Младший лейтенант С.А. Жевакин с 7 июля 1941 года до конца войны на фронте. Демобилизовался в 1946 году. Письма и открытки, адресованные маме, написанные в разное время войны, являются живым свидетельством событий, участником которых был Сергей Александрович. Сохранились в памяти окружающих и знакомых Сергея Александровича его устные рассказы о войне. Попытки записать их, к сожалению, не удалось по причине того, что специально это делать ему не хотелось.



С американскими коллегами из войск связи (май 1945 г.)

ченены на заводскую работу и на фронт. У Сергея Александровича было мнение, что в математике нечего делать после 30 лет.

После демобилизации жизнь Сергея Александровича связана с аспирантурой и преподавательской работой в университете. К преподаванию он относился с трепетным чувством, всегда тщательно готовился к лекциям. На радиофизическом факультете он перечитал практически все курсы по теоретической физике и оставил о себе память в студенческой среде своими жесткими требованиями к знанию предметов. Надо сказать, что к себе он тоже был беспощаден.

В 1948 году Сергей Александрович познакомился с Ниной Иосифовной Оношко. Встреча произошла на Волге в деревне Зименки. В то время Нина Иосифовна была секретарем райкома комсомола в Работках и училась в Высшей партийной школе. Родом она из Новгорода. Молодые люди серьезно увлеклись друг другом, и это оказалось на всю жизнь. Хотя их отношения были непростыми, но, в конце концов, они прожили вместе до последних дней Сергея Александровича (более тридцати лет).

Конец 40-х годов ознаменовался очень коротким по времени, но плодотворным сотрудничеством с Александром Александровичем Андроновым, который привлек внимание своего ученика к проблеме пульсаций переменных звезд. В окончательном виде название диссертации С.А. Жевакина было «Цефеиды как термомеханические автоколебательные системы», защита проходила на заседании ученого совета Ленинградского государственного ордена Ленина университета имени А.А. Жданова 16 июня 1949 года.

Сергей Александрович получил орден Красной Звезды, которым гордился. Во время войны был дважды ранен, но судьба сохранила ему жизнь.

Впоследствии Сергей Александрович, вспоминая годы войны, говорил: «Пожалуй, это было мое самое лучшее время». Действительно, вернулся он с фронта уже тридцатилетним человеком. Лучшие в творческом плане годы были необратимо потра-

Работа С.А. Жевакина «Создание теории пульсационной звездной переменности» выдвинута на соискание Ленинской премии 1966 года.

Полемика среди советских ученых по проблеме пульсации цефеид была весьма непростой. Перипетии борьбы-полемики в мягкой форме изложены на страницах книги Виталия Александровича Бронштэна «Гипотезы о звездах и Вселенной» [1]. В V томе «Вопросов космогонии», вышедшем в 1957 году, С.А. Жевакин ответил своим оппонентам. Подробно, пунктом за пунктом, он разобрал все возражения против периферической теории пульсации цефеид и показал их несостоятельность, а затем столь же методично указал на основные ошибки конкурирующих теорий. Д.А. Франк-Каменецкий выступил в том же томе «Вопросов космогонии». Как истинный гроссмейстер, он протянул сопернику руку, признавая свое поражение. Впрочем, признав ряд конкретных ошибок, Д.А. Франк-Каменецкий не считал возможным ставить крест на центральной теории пульсаций, собираясь провести дальнейшие исследования в этом направлении. Но это ему сделать не удалось: его внимание привлекли другие задачи астрофизики. Не возвращались больше к теории цефеид и Л.Э. Гуревич с А.И. Лебединским.

После 1953 года Сергей Александрович вел отчаянную борьбу со своими оппонентами в СССР по поводу правильности своей теории. Помощи и поддержки ждать было не от кого — А.А. Андронова уже не было в живых. Все работы Жевакина были опубликованы на русском языке и не были доступны зарубежным коллегам. Как только эти работы стали известны на Западе, они получили подтверждение и признание.

«Первые мои работы по теории пульсационной звездной переменности начали публиковаться в 1952 году. Честно говоря, они не сразу встретили признание. Пришлось вновь и вновь выступать с аргументацией в защиту своей теории. В 1956 году состоялась защита докторской диссертации «Автоколебания переменных звезд». Лишь через 5—7 лет к выводам, подтверждающим результаты этой работы, пришли зарубежные ученые И. Кокс, К. Уитни, П. Леду, Н. Бакер, Р. Киппанхан, Е. Хоффмейстер, А. Вейгерт и др. По многим аспектам и с ними пришлось дискутировать. Приятно, конечно, что на последних двух съездах Международного астрономического союза (в Калифорнии и Гамбурге) теория получила уже общее признание. По предложению американских ученых я написал обзор своих работ по теории звездной переменности для ежегодника обзоров по астрономии и астрофизике.

Он уже опубликован в первом томе. Поступило также предложение от издателя международной серии по физике и астрофизике написать монографию «Теория пульсационной звездной переменности» (Беседа корреспондента «Горьковской правды» А. Лугинина с профессором С.А. Жевакиным) [5].

В 1966 году Президиум Академии наук СССР присудил доктору физико-математических наук С.А. Жевакину за цикл работ по теории звездной переменности премию имени Ф.А. Бредихина.

Жизнь Сергея Александровича Жевакина была насыщена многочисленными событиями. Несомненно, во многих моментах сказывалось везение, например встреча с научным руководителем, Александром Александровичем Андроновым. Но гений состоит, по известному высказыванию, из 2 процентов везения и из 98 процентов потения. Я надеюсь, что этот человек сможет послужить примером воли и знаний для моих ровесников. Перед переходом в ЦВИРЛ ему говорили: «Зачем тебе всё это, ведь скоро будет война!» — но у него была страсть — наука, астрономия — и он рвался к ней всей душой.

Литература

1. Бронштэн, В.А. Гипотезы о звёздах и Вселенной / В.А. Бронштэн. — М., 1974.
2. Вопросы космогонии. 1957. Т. 5.
3. Воронцов-Вельяминов, Б.А. Успехи советской астрономии (1917—1967) / Б.А. Воронцов-Вельяминов. — М. : Знание, 1967.
4. Горбацкий, В.Г. Лекции по истории астрономии : учебное пособие / В.Г. Горбацкий. — СПб. : Изд-во СПб ун-та, 2003.
5. Горьковская правда. 1965. 16 ноября.
6. Пульсирующие звезды / под ред. Б.В. Кукаркина. — М. : Наука, 1970.
7. Физическая энциклопедия / под ред. А.М. Прохорова. — М. : Советская энциклопедия, 1988.

Психология научного творчества



Исследование креативности в различных возрастных группах

Семенова Любовь Вадимовна

11 класс

Научный руководитель Е.В. Рязанова, ст. преподаватель НИМБ



...Выражение творческой мощи, свободной творческой энергии – высшая функция человека.

Мэтью Арнольд

Креативные люди — очень ценная, но и весьма хрупкая часть нашего общества. Вопреки распространенному мнению, что креативность сама может пробить себе дорогу, научные исследования показывают обратное: креативные люди в жизни подвержены особому риску.

Первым фактором риска для креативных детей является трудность контактов со сверстниками. Дело в том, что ребенок с высокими способностями очень далеко отрывается от сверстников, у него возникают особые интересы, в результате он оказывается в изоляции от своей группы, часто подвергается насмешкам и гонениям. Видя свою невостребованность, дети теряют учебную мотивацию, интерес к школе и уходят в свои проблемы. По этому механизму, как отмечают ученые, происходит образование случаев так называемой скрытой одаренности, которая не проявляется в высокой школьной успеваемости или каких-либо других явных достижениях ребенка и не является очевидной для тех, кто его окружает, — семьи, учителей, сверстников. Более того, такие дети часто бывают просто неуспевающими.

Потеря мотивации к учебе может вести к опасным последствиям. Креативные люди, не нашедшие себе полезного применения в обществе, образуют костяк сил, направленных на разрушение общества. По данным исследователей, образование «неформальных ядер» происходит вокруг креативных людей, оказавшихся за бортом образовательной и профессиональной системы. Креативные люди, не нашедшие себя в процессе социализации, все равно будут искать применение своим возможностям, что и приводит к риску асоциального поведения.

Таким образом, выбранная мною тема актуальна, так как сегодня нет однозначного ответа на вопрос, в чем состоит основная помощь креативным людям.

Мы провели исследование креативности в различных возрастных группах. Мы предположили, что выпускники школы обладают более высоким уровнем креативности, чем люди среднего возраста, так как процесс их социализации находится на начальном этапе, они не обременены стереотипами мышления, не ограничены стандартами профессионального образования, с надеждой смотрят в будущее. В исследовании приняли участие 2 группы испытуемых: 15 учащихся «Школы юного исследователя» Института прикладной физики РАН, и 15 сотрудников ИПФ РАН. Для проверки выдвинутой нами гипотезы были использованы две методики: тест П.Торренса и тест вербальной креативности (RAT) С. Медника. Мы пользовались кратким тестом П. Торренса в фигурной форме. Незаконченные фигуры этого теста вызывают стремление завершить их простейшим способом. Чтобы дать оригинальный ответ, необходимо противодействовать этому стремлению. Для изучения речемыслительной креативности личности мы применяли тест вербальной креативности (RAT) С. Медника в адаптированном Т.В. Галкиной и Л.Г. Алексеевой варианте. Испытуемым предлагались по 18 словесных триад, элементы которых принадлежат к взаимно отдаленным ассоциативным областям. Участникам исследования необходимо было установить между ними ассоциативную связь путем нахождения четвертого слова, которое объединяло бы элементы таким образом, чтобы с каждым из них оно образовывало некоторое словосочетание. Сначала мы провели индивидуальный анализ ответов каждого испытуемого, затем анализировали и сравнивали полученные результаты всех участников исследования. По итогам проведенного исследования по тесту П. Торренса более высокие результаты у учащихся.

- По показателю беглости (способность к порождению большого числа идей) при норме 10 баллов учащиеся набрали 10 баллов, сотрудники — 9 баллов. Среди взрослых участников исследования 13,3 % имеют низкие показатели беглости мышления.
- По показателю гибкости (способность выдвигать разнообразные идеи) учащиеся набрали 9,4 балла, сотрудники — 8,1 балла, что является низшей границей нормы. 13,3 % из числа сотрудников имеют низкие результаты.
- По показателю оригинальности при норме (50 ± 10) баллов учащиеся набрали 56,5 балла, сотрудники — 39,4 балла. Все учащиеся и 74 % взрослых участников исследования имеют значения, соответствующие возрастной норме. Из них 34 % учащихся и 7 % сотрудников ИПФ РАН имеют высокие значения этого показателя, характеризуются высокой интеллектуальной активностью и неконформностью.

- По показателю разработанности ответов при норме (50 ± 10) баллов учащиеся набрали 18 баллов, сотрудники — 4,2 балла. Ни один из испытуемых не попадает в возрастную норму. Нельзя сказать, что все испытуемые — отстающие, недисциплинированные и нерадивые учащиеся и работники. Этот показатель отражает как бы другой тип мышления, который в определенных ситуациях может быть и преимуществом.

Особенно высокие различия отмечаются по шкале оригинальности, это говорит о том, что учащиеся характеризуются способностью к выдвижению идей, отличающихся от очевидных, банальных или твердо укоренившихся. Им присущи высокая интеллектуальная активность и неконформность. Они способны делать большие умственные «скакушки» или «срезать углы» при поиске решения, но это не означает импульсивности. Оригинальность решений предполагает способность избегать очевидных и тривиальных ответов.

По тесту RAT были получены следующие результаты: по оригинальности ответов учащиеся набрали 0,51 балла, сотрудники — 0,44 балла; по уникальности средний балл учащихся 0,28, сотрудников — 0,26. Это свидетельствует о том, что учащиеся обладают меньшим числом стойких стереотипных ассоциаций-ответов, способны отбирать наиболее оригинальные комбинации из большого числа ассоциативных связей, у них более высокая вероятность проявления креативного решения.

Таким образом, наша гипотеза нашла свое подтверждение благодаря проведенному исследованию. Учащиеся показали более высокие результаты по обоим тестам креативности.

Возраст, который мы исследовали, считается одним из кризисных. Старшеклассники стоят на пороге профессионального выбора и на этом этапе особенно подвержены так называемому кризису креативности. В этом случае высокий творческий потенциал ребенка частично утрачивается в силу невозможности предъявить себя окружающим, получить одобрение или поддержку взрослых, что приводит к трудностям в развитии одаренности в целом. Олимпиады, конкурсы, фестивали, конференции истощают одаренность ребенка так же, как ее истощают ожидания и надежды взрослых, которым подросток пытается соответствовать.

Здесь мы встречаемся с одним парадоксом. С одной стороны, креативность ребенка востребована социумом, с другой — она приводит к психологическим проблемам в результате невозможности реализоваться, предъявить свои способности. В педагогической практике это противоречие встречается нередко: учитель обучает ребенка не в соответствии с его индивидуальной и уникальной зоной ближайшего развития, а привычно предъявляя всеобщий образец, стандарт, стерео-

тип, то есть те самые ожидания общества. На психологических консультациях креативные дети часто говорят: «Меня не понимают, я привык. Я понял, чего от меня хотят, и делаю так, чтобы все остались довольны. Но на самом деле задачу можно решить еще четырьмя способами, только эти способы не из математики. Поэтому их на олимпиаду не посыпают, и учителю они не интересны, но Вам, если хотите, расскажу. Вот так решил бы ее учитель математики, вот так — шахматист, вот так — философ, а вот так — мышка, у мышей, знаете, очень любопытная логика».

Симптомы приближения этого кризиса видны каждому, кто близок к детям, — учителям и родителям. Перестал писать хорошие сочинения, проиграл первенство по шахматам, на турнире поэтов растерянно молчал — не смог того, что мог раньше. По многочисленным данным, реакция специалистов однотипна — принимаются разные меры по усиленному развитию креативности. Еще больше тренировок, упражнений. Кризис усугубляется. Источник иссякает [3].

Эта практика широко распространена до сих пор, хотя, по данным В.Н. Дружинина, еще с 1980-х годов известно, что целенаправленное развитие креативности в специально организованных условиях невротизирует детей, делает их тревожными, агрессивными, приводит к хроническим психосоматическим заболеваниям, депрессии, перевозбудимости, вызывает межличностные конфликты — играет деструктивную роль [3].

По данным В.Н. Дружинина, творческий акт уходит своими корнями в индивидуальный познавательный опыт ребенка. Если ребенку предоставить возможность накапливать индивидуальный познавательный опыт, а также быть субъектом собственной деятельности, у него есть все шансы этот кризис миновать.

Литература

1. *Алдер, Г. СQ, или Мускулы творческого интеллекта / Г. Алдер ; пер. с англ. С. Потапенко. — М. : ФАИР-ПРЕСС, 2004. — 496 с.*
2. *Вагин, Ю.М. Креативные и примитивные / Ю.М. Вагин. — Пермь : ПГУ, 2004. — 341 с.*
3. *Дружинин, В.Н. Когнитивные способности / В.Н. Дружинин. — М. : ИМАТОН-М, 2001. — 224 с.*
4. *Ратанова, Т.А. Психология общая и экспериментальная : учебник / Т.А. Ратанова, И.А. Домашенко. — М. : Флинта, 2004. — 464 с.*
5. *Творчество в искусстве — искусство творчества / под ред. Л. Дорфмана. — М. : Смысл, 2000. — 549 с.*
6. *Ушаков, Д.В. Психология одаренности / Д.В. Ушаков. — М. : ПЕР СЭ, 2000. — 80 с.*

Исследование творческого воображения

Сорокин Василий Андреевич

6 класс

Научный руководитель Е.В. Рязанова, ст. преподаватель
НИМБ



Воображение — это психический процесс, который заключается в создании новых образов на основе данных прошлого опыта. Воображение относится к высшим познавательным процессам, возникло в процессе трудовой деятельности и характерно только для человека.

В жизни человека воображение выполняет ряд специфических функций. Благодаря воображению значительно расширяются его познавательные возможности. Воображение — необходимое условие поисковой творческой деятельности. Оно способствует умственной концентрации, повышает интенсивность внимания. Поэтому говорят о познавательной функции воображения. Воображение осуществляется также антиципирующей функцией в познании и деятельности. Это проявляется в предвосхищении результата какого-либо поступка.

Почти вся человеческая культура — продукт воображения. Оно выводит человека за пределы его сиюминутного существования, напоминает ему о прошлом, открывает будущее.

Воображение играет значительную роль в составлении плана и программы предстоящих действий. Функция планирования и программирования позволяет человеку творить, разумно управлять деятельностью. Воображение выступает как нужный элемент творческой деятельности человека, выражаящийся в построении образов продуктов труда в тех случаях, когда ситуация характеризуется неопределенностью.

Одним из видов воображения является творческое воображение, с помощью которого человек самостоятельно создает новые образы и идеи. Проблема развития творческого воображения актуальна тем, что этот психический процесс неотъемлемый компонент любой формы творческой деятельности человека, его поведения в целом. Творческое воображение одного человека отличается от творческого воображения другого по ряду качеств. В то же время остаются не достаточно изу-

ченными особенностями творческого воображения людей, занимающихся научной деятельностью.

Как показали исследования [6], воображение не только выступает предпосылкой эффективного усвоения человеком новых знаний, но и является условием творческого преобразования имеющихся у человека знаний, способствует саморазвитию личности. Усвоить какое-либо знание без воображения невозможно. Оно является высшей и необходимейшей способностью человека. Вместе с тем именно эта способность нуждается в особой заботе в плане развития. А развивается воображение особенно интенсивно в возрасте от 5 до 15 лет. И если в дальнейшем воображение специально не развивать, то в последующем наступает быстрое снижение активности этой функции. Вместе с уменьшением способности фантазировать у человека обедняется личность, снижаются возможности творческого мышления, гаснет интерес к искусству, к творческой деятельности. Для того чтобы развивалось творческое воображение у человека, необходима особыя организация его деятельности.

Мы попытались изучить уровень развития творческого воображения людей, для которых научная деятельность является профессиональной. В качестве гипотезы мы приняли предположение о том, что их творческое воображение отличается определенными качествами. Для проведения исследования мы выбрали методику изучения особенностей творческого воображения с помощью неоконченного текста и с помощью заданных слов. В экспериментальном исследовании приняли участие 25 человек, 15 из них занимаются профессионально научной деятельностью и 10 — не научные работники.

Испытуемым было предложено 2 вида задания. В первом они должны были составить как можно больше предложений с заданными словами. Оценка проводилась в соответствии с ключом по 6-балльной шкале. Во втором задании испытуемым предлагалось закончить рассказ. Оценка проводилась также по 6-балльной шкале в соответствии с ключом. На следующем этапе исследования были составлены сводные таблицы для анализа и интерпретации результатов, так как сравнивалась работа нескольких человек. На рис. 1 представлены полученные результаты.

Оценка, равная 5 или 6 баллам, свидетельствует о развитом творческом воображении и оригинальности. Если оценка составляет всего 2 или 1 балл, то это говорит о слабом развитии творческого воображения.

Благодаря проведенному исследованию нами были сделаны следующие выводы:

- у большинства испытуемых показатель развития творческого воображения по обоим тестам попадает на один и тот же уровень;
- средние значения у группы научных сотрудников свидетельствуют о высоком уровне развития творческого воображения;
- средние значения у группы не научных работников свидетельствуют о среднем уровне проявления творческого воображения, причем значения попадают на низшую границу;
- средние значения у группы научных работников на 2 пункта выше, чем у не научных работников.

Таким образом, выдвинутая нами в начале исследования гипотеза подтвердилась. Творческое воображение людей, занимающихся профессионально научной деятельностью, высоко развито и характеризуется оригинальностью и продуктивностью.

Работа человеческого воображения не ограничивается литературой и искусством. В не меньшей степени она проявляется в научном и техническом видах творчества. Важнейшим условием научного творчества является умение по-новому представить себе картину протекания изучаемых явлений. Творческое воображение — необходимый компонент умственной деятельности на всех этапах научного творчества.

Литература

1. *Алдер, Г. СQ, или Мускулы творческого интеллекта / Г. Алдер ; пер. с англ. С. Потапенко. — М. : ФАИР-ПРЕСС, 2004. — 496 с.*
2. *Гомезо, М.В. Атлас по психологии / М.В. Гомезо, И.А. Домашенко. — М. : Педагогическое общество России, 2003. — 276 с.*
3. *Полуянов, Ю.А. Воображение и способности / Ю.А. Полуянов. — М. : Знание, 1982. — 96 с.*
4. *Пономаренко, Л.П. Основы психологии для старшеклассников : в 2 ч. Ч. 1. 10 кл. / Л.П. Пономаренко, Р.В. Белоусова. — М. : Владос, 2003. — 192 с.*
5. *Практикум по общей психологии / под ред. А.И. Щербакова. — М. : Пропрессование, 1999. — 301 с.*
6. *Ратанова, Т.А. Психология общая и экспериментальная : учебник / Т.А. Ратанова, И.А. Домашенко. — М. : Флинта, 2004. — 464 с.*

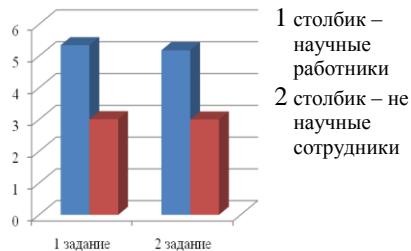


Рис. 1. Распределение показателей уровня развития творческого воображения



**Представления учащихся
о научном творчестве**
Столярова Анастасия Валерьевна
10 класс

Научный руководитель Е.М. Кочнева, канд. психол. наук,
доцент ВПЛПУ

Проблема творчества стала в наши дни настолько актуальной, что по праву считается проблемой века. Творчество далеко не новый предмет исследования, оно интересовало мыслителей всех эпох и вызывало стремление создать «теорию творчества».

На рубеже XIX—XX столетий как специальная область исследований начала складываться «наука о творчестве»: теория творчества или психология творчества. Ситуация научно-технической революции второй половины XX века создала условия, открывающие новый этап развития исследований творчества. Изучение психологии творчества и научного творчества в частности стало актуально в связи с потребностью оптимизации и интенсификации принципов организации научной деятельности и управления ею. Творчество в многочисленных публикациях отечественных и зарубежных авторов определяется как деятельность человека, создающая новые материальные и духовные ценности, обладающие новизной и общественной значимостью, то есть в результате творчества создается что-то новое, до этого еще не существовавшее. Понятию «творчество» также можно дать и более широкое определение. Философы трактуют творчество как необходимое условие развития материи, образование ее новых форм, вместе с возникновением которых меняются и сами формы творчества [1].

По сути дела, творчество, по мнению Г.С. Батищева, — это «способность создавать любую принципиально новую возможность».

В.Н. Дружинин в своей работе «Психология общих способностей» указывает, что понятие природы творчества связано с вопросом о критериях творческой деятельности. Творчество, по его мнению, может быть рассмотрено в различных аспектах: продукт творчества — это то, что создано; процесс творчества — как создано; процесс подготовки к творчеству — как развивать творчество [3].

Продукты творчества — это не только материальные продукты: здания, машины и т. д., но и новые мысли, идеи, решения, которые могут и не найти сразу же материального воплощения. Другими словами, творчество — это создание нового в разных планах и масштабах.

С точки зрения психологии и педагогики особенно ценным является сам процесс творческой работы, изучение процесса подготовки к творчеству, выявление форм, методов и средств развития творчества.

Творчество — целеустремленный, упорный, напряженный труд. Оно требует мыслительной активности, интеллектуальных способностей, волевых, эмоциональных черт и высокой работоспособности [3].

Зарубежные авторы (Г. Крайг, Дж. Равен) характеризуют творчество как высшую форму деятельности личности, требующую длительной подготовки, эрудиции и интеллектуальных способностей. Творчество является основой человеческой жизни, источником всех материальных и духовных благ [4].

Рассматривая проблему научного творчества, его сущности и содержания, мы в первую очередь заинтересовались, существуют ли гендерные различия в представлениях респондентов о научном творчестве. Кроме этого, мы предположили, что респонденты, занимающиеся научной деятельностью, демонстрируют высокие показатели в мотивации достижений. В процессе исследования мы решали следующие задачи: познакомиться с публикациями по теме «Психология науки и психология научного творчества»; освоить метод ассоциативного эксперимента и контент-анализа; спланировать и провести экспериментальное исследование. Мы считаем, что данное исследование значимо для ранней профориентации и личностного самоопределения учащихся. В качестве респондентов выступили учащиеся 10-х классов лицея № 87 и «Школы юного исследователя» ИПФ РАН, общий объем выборки составил 74 человека. В результате проведенного ассоциативного эксперимента были выявлены низкочастотные и высокочастотные слова-ассоциации для понятия «научное творчество». Среди высокочастотных слов следует назвать: НОУ (23), Интернет (13), компьютер (11), изобретения (10), тех. проект (9), наука (8), творчество (8), ботаник (8), очки (7), школа (6). К низкочастотным отнесем: книги (4), ученые (4), исследования (4), ум (3), развитие (3), открытия (3), доклад (3), искусство (3), эволюция (2), ЛФМШ (2), физика (2), диссертация (2), лаборатория (2), 3Dmax (2), новшества (1), реферат (1), знания (1), информация (1), инновации (1), модернизация (1), нанотехнологии (1), опыт (10), термины (1), презентация (1), технологии (1).

Существуют различия в представлениях о научном творчестве среди учащихся разной профессиональной направленности.

Мотивация достижения — стремление к улучшению результатов, неудовлетворенность достигнутым, настойчивость в достижении своих целей, стремление добиться своего во что бы то ни стало — являет-

ся одним из главных свойств личности, оказывающих влияние на всю жизнь человека. Многочисленные исследования показали тесную связь между уровнем мотивации достижения и успехом в деятельности. И это не случайно: люди, обладающие высоким уровнем этой самой мотивации, ищут ситуаций достижения, уверены в успешном исходе, ищут информацию для суждения о своих успехах, готовы принять на себя ответственность, решительны в неопределенных ситуациях, проявляют настойчивость в стремлении к цели, получают удовольствие от решения интересных задач, не теряются в ситуации соревнования, показывают большое упорство при столкновении с препятствиями.

Мы предположили, что школьники, занимающиеся научной деятельностью, демонстрируют высокие показатели в мотивации достижений. Респондентам было предложено ответить на вопросы опросника «Оценка мотивации к достижению». Для анализа полученных результатов, мы рассчитали стандартное отклонение для выборки, состоящей из 74 респондентов. Это позволило нам определить границы интервала ($x \pm \sigma$). Была выделена группа респондентов, с уровнем мотивации достижения ниже нормы (10,8 %), и группу респондентов, у которых уровень мотивации достижения выше нормы (14,86 %). Таблица 1, свидетельствуют о том, что учащиеся гуманитарного класса в большей степени демонстрируют мотивацию достижения. Учащиеся экономического класса показали наименьший уровень. У учащихся физико-математического класса и класса ШЮИ приблизительно одинаковые результаты. Однако следует отметить, что большее количество учащихся класса ШЮИ (20 %) показали уровень мотивации достижения ниже нормы, а в гуманитарном классе таких учащихся только 7 %.

Таблица 1

Пол	ШЮИ		Физмат		Эконом		Евро	
	Ниже нормы	Выше нормы						
М.	10%	10 %	4,76%	4,76%	5%	-	7,14%	21,4%
Ж.	10 %	5 %	-	9,52%	5%	5%	-	7,14%
Общ.	20%	15%	4,76%	14,48%	10%	5%	7,14%	28,54%

В отличие от мотивации достижения мотивация одобрения — стремление заслужить одобрение значимых окружающих людей — гораздо меньше определяет успех в делах и свершениях. Однако весьма существенно влияет она на нечто другое, также весьма важное — на качество взаимоотношений с другими людьми вообще и со своим будущим спутником жизни в частности. Определить уровень мотивации одобрения мы предлагаем с помощью сопряженного варианта шкалы Д. Крауна и Д. Марлоу, состоящей из 19 суждений, на которые

возможны 2 варианта ответов — «да» или «нет». Ответы, совпадающие с ключом, зачитываются как 1 балл. Общая сумма (min ~ 0, max = 19) говорит о выраженности мотивации одобрения.

Для анализа полученных результатов, мы рассчитали стандартное отклонение для выборки, состоящей из 74 респондентов. Это позволило нам определить границы интервала ($x \pm \sigma$). Была выделена группа респондентов, у которых уровень мотивации достижения ниже нормы (10,8 %), и группу респондентов, у которых уровень мотивации достижения выше нормы (14,86 %). Результаты, представленные в таблице 2, свидетельствуют о том, что учащиеся экономического класса в большей степени демонстрируют мотивацию одобрения. Учащиеся гуманитарного класса показали наименьший уровень мотивации одобрения. Однако следует отметить, что большее количество учащиеся гуманитарного класса (35,7 %) показали уровень мотивации одобрения ниже нормы, а в экономическом классе таких учащихся только 5 %.

Таким образом, первая гипотеза исследования о том, что существуют половые различия в представлениях о научном творчестве, не подтвердилась. Однако нами выявлена зависимость мотиваций достижения и одобрения от профессиональной направленности учащихся.

Таблица 2

Пол	ШЮИ		Физмат		Эконом		Евро	
	Ниже нормы	Выше нормы						
М.	10%	15%	13,6%	4,53%	-	20%	21,4%	-
Ж.	15%	10%	-	13,6%	5%	-	14,3%	-
Общ.	15%	15%	13,6%	18,13%	5%	20%	35,7%	-

На наш взгляд, данное исследование может быть продолжено. Мы предполагаем, что полученные нами результаты мотивации достижения коррелируют со школьной успеваемостью. Кроме этого, выявлены интересные результаты по евроклассу: при высокой потребности в достижении очень низкая мотивация одобрения.

Литература

1. Алексеев, Н.Г. О психологических методах изучения творчества / Н.Г. Алексеев, Э.Г. Юдин. — М. : Наука, 1971.
2. Годфруа, Ж. Что такое psychology : в 2 т. Т. 1 / Ж. Годфруа ; пер. с франц. — М. : Мир, 1992.
3. Дружинин, В.Н. Психология общих способностей / В.Н. Дружинин. — СПб. : Питер Ком, 1999.
4. Крайг, Грэйс. Психология развития / Грэйс Крайг. — СПб. : Питер, 2000.
5. Моляко, В.А. Психология творческой деятельности / В.А. Моляко. — М. : Высшая школа, 1978.
6. Немов, Р.С. Психология : учебник для студентов высш. пед. учеб. заведений : в 2 кн. Кн. 1. Общие основы психологии / Р.С. Немов. — М. : Просвещение : Владос, 1994.
7. Пекелис, В.Д. Твои возможности, человек! / В.Д. Пекелис. — М. : Знание, 1984.

Исследование особенностей мышления и уровня креативности

Холин Егор Александрович
8 класс

Научный руководитель Е.В. Рязанова, ст. преподаватель НИМБ



Креативность — это значит копать глубже, смотреть лучше, исправлять ошибки, беседовать с кошкой, нырять в глубину, проходить сквозь стены, зажигать солнце, строить замок на песке, приветствовать будущее.

Поль Торренс

Мышление — высшая форма познавательной деятельности, которая позволяет отражать окружающую действительность обобщенно, опосредованно и устанавливать связи и отношения между предметами и явлениями. Это процесс познания наук и процесс решения задач с помощью мыслительных операций, порождения нового знания, определенных теоретических и практических выводов, преобразования человеком действительности. Мышление — это процесс движения идей, раскрывающий суть вещей, движения от незнания к знанию, от знания менее полного и глубокого к знанию более полному и глубокому.

Мышление человека с самого начала приобретает общественно-исторический характер, имеет социальную обусловленность и тем самым отличается от мышления животных. По своей функции регулятора мышление выступает как высший процесс, объединяющий всю деятельность человека. Ученые классифицируют мышление по различным основаниям.

Творческое мышление всегда возникает в ситуации поиска и открытия нового при решении задач. Само решение выступает как поиск недостающего звена. Важным условием правильного и успешного решения, безусловно, являются знания. Но в практике известно множество примеров, когда не только накопленный опыт способствует решению задачи. В этот момент говорят о роли творчества в деятельности.

Для творческой деятельности человека в любой специальной области науки необходимо обладать способностью самостоятельно и кри-

тично мыслить, проникать в сущность предметов и явлений, быть пытливым.

Одни исследователи, например Дж. Гилфорд [1], считают, что способ мышления непосредственно связан с уровнем креативности, другие (В.М. Снетков [1]) считают, что независимо от типа мышления человек может характеризоваться определенным уровнем творческих способностей.

В данном исследовании мы попытались выяснить, существует ли связь преобладающего типа мышления человека с уровнем его творческих способностей. Мы предположили, что преобладающий способ мышления у людей, занимающихся научной деятельностью, характеризуется повышенным уровнем творческих способностей. В исследовании приняли участие работники ИПФ РАН, из них 15 человек, занимающихся непосредственно научной деятельностью, и 15 человек технических специальностей. В качестве методик экспериментального исследования мы выбрали тест на определение степени развития дивергентного мышления, позволяющий выяснить, насколько у человека развито дивергентное (нестандартное) мышление, и опросник для определения типов мышления и уровня креативности [5]. Данная методика позволяет выделить 4 базовых типа мышления, каждый из которых обладает специфическими характеристиками.

В результате проведенного экспериментального исследования мы выяснили, что у большинства (47,6 %) научных работников преобладает образное мышление. Оно отделено от предмета в пространстве и времени. Преобразование информации осуществляется с помощью действий с образами. Нет физических ограничений на преобразование. Операции можно осуществлять последовательно и одновременно. Результатом является мысль, воплощенная в новом образе. Этим мышлением обладают люди с художественным складом ума. Другие типы мышления преобладают у незначительного числа испытуемых в этой группе: предметное мышление — 28,6 %, знаковое — 19 % и символическое мышление — 4,8 %. У 46,6 % испытуемых в этой группе высокие показатели уровня креативности. У 50 % из них преобладающим типом мышления является образное мышление, у 16,7 % — знаковое мышление и у 33,3 % — предметное.

В группе ненаучных работников трудно выделить один преобладающий тип мышления. Процентное соотношение различается незначительно. У 35,7 % преобладает символическое мышление, которое характеризуется следующим: преобразование информации осуществ-

ляется с помощью правил вывода (в частности, алгебраических правил или арифметических знаков и операций). Результатом является мысль, выраженная в виде структур и формул, фиксирующих существенные отношения между символами. Этим мышлением обладают люди с математическим складом ума. Знаковое мышление преобладает у 35,7 % испытуемых (преобразование информации осуществляется с помощью умозаключений). Знаки объединяются в более крупные единицы по правилам единой грамматики. Результатом является мысль в форме понятия или высказывания, фиксирующего существенные отношения между обозначаемыми предметами. Этим мышлением обладают люди с гуманитарным складом ума. Менее выражено предметное мышление (21,4 %), которое неразрывно связано с предметом в пространстве и времени. Преобразование информации осуществляется с помощью предметных действий. Существуют физические ограничения на преобразование. Операции выполняются только последовательно. Результатом является мысль, воплощенная в новой конструкции. Этим типом мышления обладают люди с практическим складом ума. Незначительно выражено образное мышление — у 7,2 % испытуемых. У 33,3 % в этой группе высокие показатели по уровню креативности. Из них у 28,5 % — предметное мышление, у 14,3 % — символическое мышление, у 14,3 % — знаковое мышление, у 14,3 % — образное мышление, у 28,6 % преобладающий тип мышления не выявлен.

На следующем этапе нашего исследования мы проанализировали результаты теста на определение степени развития дивергентного мышления. 83 % испытуемых характеризуются высоким уровнем дивергентного (творческого) мышления. Их способность к нестандартному мышлению явно выше общего уровня. Они особенно способны к тем видам деятельности, в которых необходим творческий подход. Исследование показало, что у респондентов, показавших высокие результаты по уровню креативности на первом этапе исследования, по данному тесту результаты гораздо выше других испытуемых.

Благодаря проведенному исследованию мы пришли к следующим выводам:

- феномен творческого мышления очень сложен, многогранен и, несмотря на множество проведенных исследований, недостаточно изучен в современной психологии;
- у 54 % испытуемых, показавших высокий уровень креативности, преобладает образное мышление;

- у 54 % испытуемых, показавших высокий уровень креативности, профессиональная деятельность непосредственно связана с наукой.

Мы должны отметить, что гипотеза, выдвинутая нами в начале нашего исследования, о том, что преобладающий способ мышления у людей, занимающихся научной деятельностью, характеризуется повышенным уровнем творческих способностей не нашла своего подтверждения, в результате проведенного экспериментального исследования. Только у 46,6 % испытуемых, занимающихся научной деятельностью, высокий уровень показателя креативности по обеим экспериментальным методикам. В группе сотрудников, не занимающихся научной деятельностью, показатель креативности высокий у 33,3 % респондентов, что незначительно ниже, чем в первой группе.

Наше исследование еще раз подтвердило исследования современных психологов, отмечающих, что креативность — это отдельная характеристика мышления, не связанная никоим образом ни с типом мышления, ни с уровнем интеллекта, ни с профессиональной деятельностью. Творческое мышление не целесообразно, непроизвольно, иррационально и не поддается (в момент творческого акта) регуляции со стороны сознания.

Литература

1. Алдер, Г. СQ, или Мускулы творческого интеллекта / Г. Алдер ; пер. с англ. С. Потапенко. — М. : ФАИР-ПРЕСС, 2004. — 496 с.
2. Дружинин, В.Н. Когнитивные способности / В.Н. Дружинин. — М. : ИМАТОН-М, 2001. — 224 с.
3. Милорадова, Н.Г. Мысление в дискуссиях и решениях задач / Н.Г. Милорадова. — М. : АСВ, 1997. — 160 с.
4. Пономаренко, Л.П. Основы психологии для старшеклассников : в 2 ч. Ч. 1. 10 кл. / Л.П. Пономаренко, Р.В. Белоусова. — М. : Владос, 2003. — 192 с.
5. Практикум по психологии менеджмента и профессиональной деятельности / под ред. Г.С. Никифорова, М.А. Дмитриевой, В.М. Снеткова. — СПб. : Речь, 2003.
6. Ратанова, Т.А. Психология общая и экспериментальная : учебник / Т.А. Ратанова, И.А. Домашенко. — М. : Флинта, 2004. — 464 с.
7. Ушаков, Д.В. Психология одаренности / Д.В. Ушаков. — М. : ПЕР СЭ, 2000. — 80 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Проблемы организации исследовательской деятельности школьников	
<i>Ермилин А.И., Ермилина Е.В.</i> Исторический опыт и современные проблемы организации исследовательской деятельности школьни- ков в сфере дополнительного образования.....	9
<i>Беленов А.Ф., Зайцев Ю.В.</i> Школьники-исследователи: от «простых опытов» к современным технологиям.....	20
<i>Пархоменко Т.Л.</i> Исследовательский метод познания в организации учебной деятельности учащихся.....	23
Физика	
<i>Ахмеджанов Д. Р.</i> Измерение электроёмкости конденсатора.....	29
<i>Бумблите М.</i> Явление осмоса.....	33
<i>Глявина М.М.</i> Визуализация звуковых колебаний	36
<i>Громов Д.П.</i> Резиновые подводные лодки	39
<i>Епифанцев А.В.</i> Модель Улама и гравитационная машина Ферми	43
<i>Ермилина А.А.</i> Исследование магнитных систем гироприборов	46
<i>Калынова Е.Ю.</i> Исследование физических свойств перфтордекалина	51
<i>Караева П.В.</i> Бесконтактный метод синхронного измерения высо- ты и угла наклона поверхности жидкости	55
<i>Кирюхин Н.Д.</i> Исследование неустойчивости при вытекании воды из узкого отверстия	61
<i>Коган М.Л.</i> Моделирование свойств космического люда в земных условиях	66

<i>Коновалов Д.</i> Прибор для мониторинга загрязнённости жидкости...	69
<i>Кучев Я.А.</i> Создание поляризационно нечувствительного спектрометра для задач оптической когерентной томографии	71
<i>Мыльников В.М.</i> Измерение магнитного поля постоянных магнитов.....	76
<i>Раксин А.</i> Моделирование Вольтова столба	79
<i>Савинов А.В.</i> Дополнительный интерферометр для системы оптической когерентной томографии на базе интерферометра Физо	84
<i>Садова Д.Д.</i> Исследование электропроводности воздуха с помощью электрометра	89
<i>Селезнёв А.Ф.</i> Измерение фазовых искажений излучения при его отражении от поверхности оптического элемента	92
<i>Степанова М.В.</i> Моделирование генерации средних течений стоячими поверхностными волнами в жидкости	95
<i>Ханнанов А.Р.</i> Переходные процессы в электрических цепях	99
<i>Хрулёва Е.В.</i> Изучение дифракции света с помощью компьютерного диска	102
<i>Хрулёва Е.В.</i> Получение водорода	105
<i>Шалаева П.В.</i> Дифракция на краю бесконечной полуплоскости.....	109
<i>Ярова А.А.</i> Динамики турбулентной области в однородной жидкости	113
Астрономия	
<i>Зотова С.А.</i> Влияние Луны на жизнь людей и рост растений	119
<i>Кубасова О.В.</i> Разнообразие галактик, характер движения их частей и проблема демонстрации этих явлений	125
<i>Солоницына А.А.</i> Распределение солнечной энергии для объектов пояса Койпера (на примере Эриды)	128
<i>Троицкий П. Р.</i> Генетическая классификация туманностей	131
Химия	
<i>Езерский А.А.</i> Скорость протекания реакций	135
<i>Муратова М.М.</i> Определение растворённого кислорода	138

<i>Троицкий П. Р.</i> Исследование окислительно-восстановительных реакций	141
<i>Фаррахова Н.Ф.</i> Определение остаточного алюминия в водопроводной воде	145
История науки	
<i>Горбушина Ю.Е.</i> Пифагор как родоначальник научного метода	149
<i>Боханов Д. А.</i> Золотой вклад в развитие астрофизики	156
Психология научного творчества	
<i>Семёнова Л.В.</i> Исследование креативности в различных возрастных группах	163
<i>Сорокин В.А.</i> Исследование творческого воображения	167
<i>Столярова А.В.</i> Представления учащихся о научном творчестве	170
<i>Холин Е.А.</i> Исследование особенностей мышления и уровня креативности	175

ШКОЛА ЮНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Сборник научно-исследовательских работ учащихся

Выпуск 1

Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$. Бумага офсетная № 1.
 Усл. печ. л. 11,25. Уч.-изд. л. 10,5.
 Тираж 500 экз. Заказ № 86 (2008)

Отпечатано в типографии Института прикладной физики РАН,
 603950 Н. Новгород, ул. Ульянова, 46