

Школа юного исследователя

Сборник
научно-исследовательских работ учащихся

Выпуск 2

Нижний Новгород
2009

УДК 371
ББК 74.200я43
Ш 67

Под общей редакцией
канд. пед. наук, директора ДООЛ ИПФ РАН
А.И. Ермилина

Рецензенты:

доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник ИПФ РАН *В.Ф. Вдовин*
доктор психол. наук, профессор кафедры психологии управления
ННГУ им. Н.И. Лобачевского *Г.А. Мкртычян*
канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник ИПФ РАН *А.М. Рейман*

Рисунки *А. Зорохович, Ю. Горбушина*

Школа юного исследователя : Сборник научно-исследовательских работ учащихся / Под общ. ред. А.И. Ермилина; Научно-образовательный центр ИПФ РАН. – Выпуск 2. – Н. Новгород, 2009. – 232 с.

Сборник статей по результатам исследовательской деятельности школьников и исследовательские работы учащихся – призёров III итоговой конференции школьников «В мире знаний», прошедшей в апреле 2009 года в ИПФ РАН.

ISBN 987-5-93530-290-0 (вып. 2) © Научно-образовательный центр ИПФ РАН, 2009
ISBN 987-5-93530-289-4 © Оформление. ИП Гладкова О.В., 2009

Научное издание

Школа юного исследователя

Сборник научно-исследовательских работ учащихся
Выпуск 2

Подписано в печать 11.11.09. формат 60х84/16
Усл. печ. л. 13,49. Тираж 500 экз. Заказ № 291.

Издание и печать «**Издательский салон**» ИП Гладкова О.В.
603022, Нижний Новгород, окский съезд, 2, оф. 501
тел./факс: (831) 439-45-11; тел.: (831) 416-01-02

ПРЕДИСЛОВИЕ

Образование сегодня – главный поставщик новой производительной силы в обществе – научных и технических специалистов. Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России»¹ определяет следующие образовательные задачи перед сообществом учёных: демонстрацию успешности профессии ученого и осуществление эффективной подготовки молодых научных кадров. Формирование у молодых людей готовности и способности к осуществлению активной самостоятельной деятельности в сфере науки требует решения комплекса социальных, организационно-педагогических и психологических задач.

Создание системы научного образования школьников на базе научно-исследовательских учреждений – это интеграция науки и образования, которая позволяет комплексно решать задачи раннего вхождения в науку². Такой опыт развития научных интересов и создания условий для научной, творческой и исследовательской деятельности накоплен в Институте прикладной физики РАН (г. Нижний Новгород), где сложилась единая система образования – «школа – институт – аспирантура», которая направлена на последовательную подготовку молодых людей к научной работе. Дополнительное научное образование школьников в этой системе целенаправленно выражает ценности научной картины мира и обеспечивает готовность к вхождению в мир научных исследований новых поколений учёных.

Отличительными чертами дополнительного образования – образования сверх школьной программы, «имеющего целью развитие мотивации личности к познанию и творчеству»³, – являются свободное самоопределение детей (индивидуальные образовательные маршруты) и многообразие форм. Популяризируют точные науки

¹ Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы утверждена постановлением Правительства РФ от 28 июля 2008 г. № 568.

² *Лернер, П.С.* Путь к вершинам творчества // Наука и молодёжь: Сборник материалов Российской открытой научно-практической конференции «Мотивационно-ценностные подходы привлечения молодёжи в науку». – Обнинск, 2004. – 194 с. – С. 80.

³ Типовое положение об образовательном учреждении дополнительного образования детей // Постановление правительства Российской Федерации от 7 марта 1995 г. № 233.

летние образовательные смены детского лагеря им. Н.С. Талалушкина ИПФ РАН. В течение четырёх лет успешно действует научное общество учащихся «Школа юного исследователя», участники которого являются победителями и призёрами российских исследовательских конференций школьников.

Школа юного исследователя (ШЮИ) – это добровольное объединение учащихся, которые стремятся к более глубокому познанию в различных областях науки, техники, культуры, получению опыта самостоятельной исследовательской деятельности. Она была организована в 2005 г. по инициативе председателя профкома института, а ныне председателя совета профсоюза РАН доктора физико-математических наук Вдовина Вячеслава Федоровича при поддержке руководства ИПФ РАН.

Участниками школы являются учащиеся 6–11 классов, проявившие склонность к исследовательской деятельности и ставшие победителями программы «В мире знаний», реализуемой на базе детского оздоровительно-образовательного лагеря им. Н.С. Талалушкина в летний период. Основные задачи программы, получившей 1 место на городском конкурсе программ, включают в себя популяризацию научных знаний, развитие познавательной активности, выявление одаренных детей, помощь в профессиональном самоопределении.

10 апреля 2009 г. состоялась III итоговая конференция научно-исследовательских работ школьников Школы юного исследователя Института прикладной физики Российской академии наук. Конференция именуется итоговой, поскольку завершает годичный цикл работы. В этом году на конференции было представлено 45 работ по физике, химии, астрономии, математике, информатике, истории науки, психологии научного творчества, выполненных в течение учебного года под руководством научных сотрудников ИПФ РАН и вузов. Обсуждение работ и их оценка происходило при участии компетентного жюри в составе:

- Введенский Н.В., канд. физ.-мат. наук, с.н.с. ИПФ РАН,
- Водопьянов А.В., канд. физ.-мат. наук, с.н.с. ИПФ РАН,
- Деришев Е.В., канд. физ.-мат. наук, с.н.с. ИПФ РАН,
- Ермолаев Н.Л., канд. хим. наук, с.н.с. ИПФ РАН,
- Корягин С.А., канд. физ.-мат. наук, с.н.с. ИПФ РАН,
- Кочаровский В.В., член-корреспондент РАН, г.н.с. ИПФ РАН,

- Мкртычян Г.А., доктор психолог. наук, профессор кафедры психологии управления ННГУ им. Н.И. Лобачевского,
- Перминов А.О., н.с. ИПФ РАН,
- Рейман А.М., канд. физ.-мат. наук, с.н.с. ИПФ РАН,
- Родченков В.И., доктор хим. наук, в.н.с. ИПФ РАН,
- Савинова С.Ю., кандидат пед. наук, доцент НГЛУ им. Н.А. Добролюбова,
- Тельных А.А., программист ИПФ РАН,
- Шайкин А.А., канд. физ.-мат. наук, н.с. ИПФ РАН,
- Шемагина О.В., программист ИПФ РАН.

С напутственным словом к участникам конференции обратились председатель совета профсоюза РАН, доктор физ.-мат. наук, профессор, с.н.с. ИПФ РАН Вячеслав Федорович Вдовин и директор Нижегородского научно-информационного центра Министерства образования Нижегородской области Илья Алексеевич Коршунов. Активное участие в работе конференции приняли аспиранты института. Жюри отметило возросший уровень работ школьников. Каждый участник получил диплом и памятный подарок от организаторов ШЮИ. Победителями конференции стали:

- Преображенский Глеб (6 класс) «Вольтметр электромагнитной системы»;
- Сироткин Дмитрий (7 класс) «Изучение явления капельной радуги»;
- Сучкоусов Андрей (8 класс) «Опыт Джоуля»;
- Шалаева Полина (8 класс) «Особенности распространения непрерывного и импульсного лазерного излучения в призме»;
- Шайкина Анастасия (8 класс) «Моделирование гало»;
- Шампоров Василий и Сидоров Дмитрий (9 класс) «Исследование уровней электромагнитного излучения мобильного телефона и периферийных устройств и изучение мер защиты от него»;
- Бояркин Михаил (7 класс) «Применение тонкослойной хроматографии для идентификации овощных соков»;
- Холин Егор (9 класс) «Причины и особенности возникновения науки в Древней Греции в VIII–V вв. до н.э.»;
- Кривоносов Михаил (8 класс) «Хаф – пайп».

Деятельность Школы на этом не закончилась. С этими работами ребята отправились на различные городские, областные, всероссийские и международные олимпиады и конкурсы.

Мы придаём конференции как научному событию особое значение и поэтому стараемся возродить её классические формы. Конференции стимулируют школьников на активную и самостоятельную интеллектуальную деятельность, дают им возможность предъявить результат своей деятельности, испытать радость от публикации и экспертизы своих идей и изысканий, что крайне важно для становления будущего учёного. Конференции способствуют развитию искусства ведения дискуссии, навыков публичного выступления. По существу, научные конференции создают 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. Перечисленные умения и способности продемонстрировали участники Школы юного исследователя на III итоговой конференции научно-исследовательских работ школьников ИПФ РАН.

А.И. Ермилин

История развития исследовательского метода обучения



История развития исследовательского метода обучения

А.И. Ермилин

кандидат педагогических наук,
директор детского оздоровительно-образовательного лагеря
им. Н.С. Талалушкина Института прикладной физики РАН

Е.В. Ермилина

кандидат педагогических наук,
зам. директора по научно-методической работе детского
оздоровительно-образовательного лагеря ИПФ РАН

На наш взгляд, решение стоящих в области научного образования школьников проблем во многом должно основываться на традициях отечественной общественной мысли, так как образование не только обучает подрастающее поколение и готовит его к общественно полезной деятельности, но и воспроизводит культуру. «Выход из создавшейся ситуации в сфере образования в значительной степени связан с необходимостью нового прочтения русской духовной традиции и включения её в контекст современного образовательного процесса»⁴. Следовательно, с точки зрения содержания познавательной деятельности, научное образование школьников должно включать гуманитарную составляющую. Серьёзное осмысление проблем научного образования школьников и педагогическая рефлексия их причин предполагает обращение к историческому опыту дополнительного образования детей и подростков в России. Обращение к прошлому нужно не столько для подтверждения повторяемости социально-педагогических ситуаций, сколько для того, чтобы проследить, какие решения подобных вопросов были уже опробованы, и выяснить, к каким результатам они привели.

1. Этапы развития теории исследовательского метода обучения

В истории образования можно выделить два принципиальных вида организации обучения, соотношение которых постоянно меняется, – репродуктивный и продуктивный. Первый основан на восприятии и

⁴ Сиземская, И.Н. Идеи воспитания в русской философии XIX – начале XX века / И.Н. Сиземская, Л.И. Новикова – М. : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2004. – 271 с. – С. 271.

усвоении сведений от старших, второй – на самостоятельном исследовании детьми окружающего мира.

Одним из первых учёных, применявших в образовательной практике исследовательские методы обучения, был Сократ. Его метод впоследствии был назван «сократической беседой», а в современной литературе он носит название частично-поискового или эвристического метода. Эвристика (термин ввёл в XVIII столетии чешский философ и математик Бернард Больцано) получила развитие как наука о творчестве, искусстве делать открытия. Ученик Сократа Платон основал Академию. Аристотель – ученик Платона – создал по типу платоновской Академии Ликей. Таким образом, античными философами в V в. до н.э. были заложены организационные основы исследовательского метода обучения.

В следующий исторический период исследовательский метод обучения развивался крайне слабо. Хотя средневековые университеты стали центрами науки, в образовательных системах того времени господствовали репродуктивные методы.

Новый этап развития исследовательского метода обучения наступил в эпоху Возрождения. В этот период особое внимание педагогов уделялось изучению поисковой активности детей, которая была признана важным педагогическим инструментом. Исследовательские методы обучения обогащались за счёт включения игр, экскурсий, наблюдений, самостоятельного опыта детей, то есть развивались формы организации обучения, а содержательная его сторона оставалась формализованной. Хотя педагогические идеи учёных Возрождения и воплощались на практике, примером чего может служить «Школа радости» Витторино да Фельтре, их деятельность не оказала большого влияния на дальнейшую образовательную практику в Европе и более значима в теоретическом плане.

Дальнейшее развитие исследовательские методы обучения получили в работах сторонников сенсуализма, хотя предложенная Я.А. Каменским организационная урочная модель школы, на долгие годы закрепившаяся в образовательной практике, затрудняла использование методов обучения, основанных на использовании природной детской поисковой активности. Наиболее полное воплощение идеи исследовательского обучения нашли в теории естественного или «свободного воспитания», сторонники которой не только развивали теорию исследовательского обучения, но и последовательно воплощали её на практике. Своё начало теория «свободного воспитания» ведёт от французского просветителя Ж.Ж. Руссо. Благодаря ему, исследовательские

методы обучения обогатились методом включения ребёнка в специальные ситуации, способствующие обогащению опыта.

Известный швейцарский педагог И.Г. Песталоцци так же, как Ж.Ж. Руссо, видел цель обучения в раскрытии и развитии заложенных в детях способностей. Он создал теорию «элементарного образования», основой которой стала идея развивающего обучения, построенного на принципах постепенности, последовательности, наглядности, элементарности и самостоятельности. Метод «сократической беседы», ставший началом развития исследовательского метода обучения в Древней Греции, нашёл новое развитие в идеях Фридриха Адольфа Дистервега. Ему приписывается крылатая фраза о том, что «... плохой учитель преподносит истину, хороший учит её находить»⁵.

В целом этот период характеризуется развитием теории исследовательского обучения и её апробации. Лишь в конце XIX века начался процесс разработки теории и методики исследовательского обучения применительно к массовому образованию, который охватил страны Европы и США. «Это было время не простого увлечения высказанными ранее идеями «свободного воспитания», а период активного внедрения в практику принципиально новых подходов к обучению. Критикуя старую гербартовскую школьную систему за авторитарность, односторонний «интеллектуализм», «книжную науку», наиболее передовые педагоги и детские психологи настаивали на необходимости создания новой «активной школы», «школы действия». Наступала пора, которую специалисты стали именовать по названию книги американской журналистки Элен Кей (1849–1926) «веком ребёнка»⁶.

В этот период активно развивались и реализовывались на практике идеи «свободного воспитания» Ж.Ж. Руссо. Их продолжили Э. Паркерст (США), М. Монтесори (Италия), О. Дерколи и П. Кергомар (Франция), К.Н. Вентцель (Россия). Идеи «свободного воспитания» охватили все страны старого и нового света и воплотились в концепции «трудовой школы» Г. Гершенштейнера (Германия), «педагогике действия» А.А. Лай (Германия), П.Ф. Каптерева (Россия), «экспериментальной педагогике» Э. Меймана (Германия) и Э. Торндайка (США).

⁵ Савенков, А.И. Исследовательское обучение в теории и образовательной практике XIX века // Исследовательская работа школьников. 2006. № 1. С. 84–92. С. 85.

⁶ Савенков, А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению. – М.: Ось-89, 2006. – 480 с. – С. 183.

2. *«Новая русская педагогика» в России и её влияние на развитие исследовательского метода обучения*

Основы образования в России закладывались во времена правления Петра I: в 1700 г. в Петербурге был открыт Морской кадетский корпус, в 1702 г. в Москве – Морская школа математических и навигационных наук, 1707 г. в Москве основана медицинская школа, в 1707 г. в Петербурге – математическая и навигационная школы, в 1715г. – Морская академия на 300 слушателей, в 1719 г. – инженерная, а в 1729 г. – артиллерийская школы. К этому периоду относится и создание цифирных школ. 1724 год стал годом рождения Российской академия наук, а в 1755 г. Шувалов основал в Москве университет с двумя гимназиями. В конце царствования Екатерины (1762–1796 гг.) правительством был выработан план сети училищ на западный образец. «Мы были бы совершенно несправедливы к Петру, – считает историк А.А. Корнилов, – если бы не признали, что ему в особенности была присуща мысль о благе России и о ее просвещении. Но даже и этот могучий титан, захваченный борьбой за территорию, мог посвящать народным нуждам лишь второстепенное внимание. Из-за нужд и интересов борьбы у него и вопросы народного просвещения принимали чаще всего служебный, подчиненный интересам борьбы характер. Отсюда даже и те меры, которые он принимал по отношению к распространению просвещения, имели казенный, технический характер... Школы Петра были главным образом профессиональные технические школы – таковы навигацкая, артиллерийская, инженерная и низшая цифирная школы. Даже Духовную Академию он хотел обратить в своеобразный политехникум, который доставлял бы людей и в церковную, и в гражданскую, и в военную, и в строительную, и в медицинскую службу»⁷.

В этот же период в России начали распространяться идеи исследовательского обучения. Среди ярких представителей просветительской педагогики были Фёдор Станиславович Салтыков, Иван Тихонович Посошков, Феофан Прокопович, Василий Никитич Татищев, Михаил Васильевич Ломоносов. Они считали главным в обучении детей непосредственное соприкосновение с миром, а задачу педагога видели в содействии развитию заложенных в ребёнке природных задатков. М.В. Ломоносов, продолжая идеи Я.А. Каменского, дополнил его си-

⁷ Корнилов, А.А. Курс истории России XIX в.: Высшая школа. / А.А. Корнилов. – М., 1993. – С. 22–23.

стему и реализовал в педагогической деятельности принципы доступности, логичности, высокой степени научности, связи теории и практики, учёта возрастных и индивидуальных особенностей детей.

Политическое, культурное, экономическое развитие России на рубеже XIX–XX веков изменило по преимуществу сословный характер отечественной школы в сторону всесословности. Это произошло в результате соединения усилий новой школьной политики правительства, деятельности общественно-педагогического движения и развития проблем образования теоретиками «новой русской педагогики». Именно в этот период наша страна стала центром передовых педагогических идей.

«Новая русская педагогика» представляла собой сплав идей западной реформаторской педагогики и русской классической педагогики. Конец XIX – начало XX вв. – время, когда русская педагогика развивалась в тесном взаимодействии с западной. В этот период наметились пути сотрудничества педагогической общественности разных стран, создавались возможности интеграции педагогического знания и укрепления гуманистической традиции. Главной чертой «новой русской педагогики», отличавшей ее от педагогики прошлого столетия, было отрицание педагогизма, то есть трактовка педагогики не как науки нормативной, обладающей совокупностью технических приемов и методов, призванных воспитать ребенка в соответствии с общепринятым идеалом человека, а науки о воспитании как творческом процессе, обогащающем преподавателя и ученика, в результате чего и тот, и другой вырабатывают свой собственный научный метод. В.В. Зеньковский отметил две важные тенденции «новой педагогики»: стремление к органическому синтезу и целостности воспитания и перенос акцентов с проблем образования на целостный личностно-ориентированный процесс развития.

«Новая русская педагогика» не была единой и однозначной. В ней, по утверждению С.И. Гессена и В.В. Зеньковского, можно выделить ряд направлений: педагогика «свободного воспитания» (К.Н. Вентцель, И.И. Горбунов-Посадов и др.), педагогика физического воспитания (П.Ф. Лесгафт), социальная педагогика (С.Т. Шацкий), экспериментальная педагогика (А.Ф. Лазурский, А.П. Нечаев, Н.Е. Румянцев и др.) и др. К «новой русской педагогике» также примыкает направление «эволюционной педагогики», созданное В.П. Вахтеревым.

В данный период сложилось и научное сообщество, отстаивающее и реализующее гуманистические принципы образования, имеющее

лидеров, теоретиков и комментаторов. Такому процессу способствовал ряд факторов. Одним из главных явился социально-экономический фактор. В российском сознании начал происходить сложный переход от ценностей традиционного, преимущественно аграрного общества к идеалу общества индустриального. Возник новый социальный заказ системе образования. Вместо прежнего, послушного, репродуктивно действующего исполнителя, воспроизводящего по образцу полученные в школе знания, требовался тип активного, инициативного человека, способного к длительной самостоятельной деятельности без постоянного внешнего надзора и стимулирования, вносящего в свою работу элементы творчества. Существовавшая тогда система обучения не отвечала новым требованиям. В результате возник острый кризис существующей школы, которая подвергалась резкой масштабной критике со стороны российской общественности. Именно в противовес схоластической школе сформировались новые для России образовательные модели трудовой школы и свободного воспитания, в которых утверждалась личностно-ориентированная педагогика.

Другим важным фактором развития гуманистической парадигмы стали плодотворные научные открытия и достижения, в частности в сфере педагогической психологии. Были проведены исследования в области психологии творчества, механизмов памяти и внимания и т. д. Педагоги впервые получили надежный психологический инструментарий для работы с детьми, причем диагностические методы гуманистической направленности.

Развитие общественно-педагогического движения, общей либеральной атмосферы, сложившейся тогда в культуре и просвещении, стало еще одним стимулом. В России издавались педагогические журналы, выражавшие интересы и устремления различных общественных направлений, развивающихся в русле новой педагогики. Так, вокруг журналов «Вестник воспитания», «Русская школа» группировались сторонники образовательной модели трудовой школы: П.П. Блонский, П.Ф. Каптерев, А.П. Пинкевич, М.М. Рубинштейн, В.Н. Сорока-Росинский, С.Т. Шацкий. Гуманистическая направленность теории «свободного воспитания» получила свое широкое освещение в журнале «Свободное воспитание и свободная школа». Представителей религиозного крыла гуманистической парадигмы объединял журнал «Народное просвещение». Во всех этих журналах достаточно широко были представлены соответствующие положения зарубежных педаго-

гов нового воспитания, или реформаторской педагогики (Д. Дьюи, Г. Кершенштейнер, В. Лай, М. Монтессори, Г. Шаррельман и др.).

В основе «новой русской педагогики» лежали антропологические идеи культуры «серебряного века»: самоценность детства, права ребенка и его свобода в воспитательном процессе. Реализация этих идей на практике предполагала конкретное и диалектическое видение педагогом ребенка, отношение к детям как к субъектам воспитания, сотрудничество с ними, постоянное и глубокое изучение ребенка, понимание детей и терпимость во взаимодействии с ними, опора на положительное в учащихся.

Д.Н. Овсяннико-Куликовский (1853–1920) ввёл в своих работах понятие «общественная стоимость человека». В сословном обществе сословие есть та ближайшая среда, в которой осуществляется общественная ценность человека, но личность может стремиться к осуществлению своей общественной стоимости в более широкой среде, вне сословия, служа на том или ином поприще всему народу или государству. Наряду с «общественной стоимостью человека» ученый признает национальное и общечеловеческое значение личности. Общественная ценность человека может, таким образом, совмещаться с его национальным и общечеловеческим значением, но может и не совмещаться. При этом если «общественная стоимость человека» исчезает вместе со смертью человека, то «национальное» и «общечеловеческое» значение его «со смертью не всегда прекращаются, а не редко еще и возрастают»⁸.

Позиция Д.Н. Овсяннико-Куликовского – один из наиболее характерных для начала XX века аксиологических подходов к проблеме человека, оказавших влияние на изменение целей просвещения. В работах А. Введенского, Н. Бердяева, П. Флоренского, Ф. Степуна, Г. Шпета педагогическая общественность обрела новые представления о целях образования: социальных, культурных, педагогических.

В эту эпоху мы почти не встречаем в среде деятелей просвещения «только педагогов», теоретиков педагогики. По мере своего развития «новая педагогика» привлекала в свои ряды специалистов в естественных науках, политике, медицине, истории. Некоторые из них одновременно разрабатывали проблемы философии и психологии, были крупными государственными и общественными деятелями, писателями. Педагогическое движение рубежа веков захватило ученых, духов-

⁸ Овсяннико-Куликовский, Д.Н. Литературно-критические работы / Д.Н. Овсяннико-Куликовский. – Т. 2. – М., 1989. – 460 с. – С. 301.

ных деятелей, военных, в нем активное участие принимали Л.Н. Толстой, Ф.М. Достоевский, Н.А. Рубакин, А.Г. Небольсин и др.

Основное противоречие времени – между общественной потребностью во всеобщем образовании и государственной неспособностью его обеспечить. Конкретное выражение этого противоречия проявилось в том, что правительство пыталось строить систему образования на принципах селективности, но российское общество развивалось столь стремительно, что эта селективность оказалась реально невозможной. Общественная инициатива выдвигала свои проекты реформ и активно их осуществляла. Открывались технические школы, курсы и общества самообразования, народные университеты.

За демократическую систему образования, соответствующую задачам нового века, выступали не только практики, но, прежде всего, теоретики «новой педагогики». В связи с развитием наук о человеке в начале XX века было выдвинуто важное для теоретической педагогики положение о необходимости комплексного изучения ребёнка как сложной развивающейся системы. Ребёнок рассматривался не только как объект воздействия социальной среды, но и как субъект деятельности, способный активно воспринимать и перерабатывать эти воздействия. Такое понимание субъектности ребёнка способствовало новому пониманию целей, средств и результатов обучения.

К.Д. Ушинский одним из первых выделил два вида обучения: пассивное учение посредством преподавания и активное учение посредством собственного опыта – и поставил вопрос об их сочетании в образовательной практике. Одной из основных задач учителя он считал не передачу знаний, а развитие в ученике желания и способности приобретать новые знания. Согласно представлениям К.Д. Ушинского, образовательный процесс начинается с живого восприятия материала, затем полученные образы перерабатываются в сознании и знания систематизируются, и заканчивается закреплением знаний и навыков. При этом важной задачей становится органическое сочетание этих видов учения в образовательной практике. Воплощение идей демократического воспитания, гуманистического отношения к ученику требовало строить образовательный процесс на принципах сознательности и активности ребёнка в обучении. Одной из основных причин лености и неуспешности ребёнка в обучении К.Д. Ушинский видел излишнюю помощь учителя. Педагог, по его мнению, должен сделать учение увлекательным, но не должен лишать его характера серьёзного труда, требующего волевых усилий.

Л.Н. Толстой, создавая Яснополянскую школу, утверждал, что школе следует избегать всякого принуждения; она должна предоставлять детям возможность получать знания, а дети имеют полное право получать лишь те знания, какие они хотят получать: «...Только при свободе можно избежать обычного явления: вызывания отвращения к предметам, которые в свое время и свободно были бы любимы. Только при свободе возможно узнать, к какой специальности ученик имеет склонность, только свобода не нарушает воспитательного влияния»⁹. В школе Толстого не было тетрадок с домашними заданиями, звонков, заранее составленного расписания уроков, наказаний. Несмотря на отсутствие учебной дисциплины, дети овладевали знаниями быстрее, чем их сверстники из обычных школ соседних деревень, нарушения порядка также случались крайне редко. Этот опыт школы в Ясной Поляне свидетельствует о том, что свобода как базовый педагогический фактор не просто соответствует неким отвлеченным идеалам, но является педагогически эффективным методом. Одним из первых Л.Н. Толстой высказал мысль о том, что образование должно опираться на собственный опыт ребёнка и исходить из его реальной жизни, а не быть лишь подготовкой к ней. Процесс обучения Лев Николаевич рассматривал как многосторонний и творческий, как процесс активной, сознательной, творческой переработки и усвоения материала, а не запоминание фактов и сведений. Поэтому в практике Яснополянской школы он широко использовал методы беседы, экскурсии, творческих сочинений детей.

Фундамент целостного и системного знания о человеке способствовал конструктивному развитию педагогической теории и практики образования. Естественнонаучное направление выработало представление о значении эксперимента в развитии педагогики как науки. Странники экспериментальной педагогики в России знали труды В. Лая, Э. Меймана. Согласно Э. Мейману, у педагогики есть три большие области исследования: поведение ребёнка, деятельность учителя и учебные средства вместе с организацией школьного дела.

Экспериментальная педагогика в России отличалась большим разнообразием и развивалась, прежде всего, как педагогика естественного эксперимента. В основе естественного эксперимента лежал принцип системных (сопутствующих) изменений: если при изменении одного явления изменяется другое, то между ними существует причинно-

⁹ Толстой, Л.Н. Педагогические сочинения. – М., 1948. – С. 365–366.

следственная связь. В 1901 году в Петербурге А.П. Нечаевым была создана первая русская лаборатория по изучению ребёнка, а в 1910 году организовано Общество экспериментальной педагогики, активно разрабатывающее методы естественного эксперимента.

По убеждению теоретиков образования начала XX в., основу любого знания составляет естественнонаучное мировоззрение. Вышедшая в 1907 году книга В.П. Вахтерова «Спорные вопросы образования» стала отражением тех дискуссий, которые велись среди теоретиков отечественного образования конца XIX – начала XX вв. В ряде статей В.П. Вахтеров выступил против понимания образования «как подготовки агентов для определённого государственного строя» и стремления «обломать и переделать ученика сообразно со знанием профессии или сословия», характерных для технократической школы. По мнению учёного, технократическая социально-ориентированная школа его времени несовместима с гуманными представлениями о природе человека.

Как метод научного познания эксперимент в образовании пришел на смену опытничеству, с одной стороны, и умозрительным теориям – с другой. Эксперимент в известном смысле противостоит теоретическому способу познания и имеет своей целью исследование явлений педагогической действительности в контролируемых и управляемых условиях. Возникновение экспериментального метода в отечественной педагогике начала XX в. было связано с развитием естественных наук (физики, биологии, химии). Корифеи науки нового века – творцы экспериментального подхода – исходили из того, что научная картина мира связана с абсолютной достоверностью и доказательностью. Основное отличие эксперимента от опыта, на основах которого строилась традиционная педагогика, заключается в том, что эксперимент имеет активно-преобразующий характер. «Эксперимент отличается от опыта в общем смысле тем, что он всегда в большей или меньшей степени содержит силовые элементы, которые обладают активной природой, т.е. те, которые являют какое-то воздействие с моей стороны»¹⁰.

Освоение новой русской педагогикой конца XIX – начала XX вв. экспериментальных подходов происходило одновременно и взаимосвязанно с утверждением гуманных представлений о природе человека. Сложилась уникальная ситуация в развитии педагогического зна-

¹⁰ Динглер, Г. Эксперимент. Его сущность и история // Вопросы философии. 1997. № 12. С. 96–134. С. 103.

ния, в трактовке педагогической наукой изучаемых явлений. Педагогическое знание, в котором со 2-й половины XIX в. усилились интегративные тенденции, а с конца XIX в. – экспериментальное направление, прошло стремительный путь развития и в начале XX столетия было осознано как совершенно самостоятельная наука.

Эксперимент в сочетании со знанием реального производства был положен в основу деятельности новых профессиональных школ, прежде всего в основу политехнического образования в высших технических учебных заведениях. В 1889–1890 гг. на втором съезде по техническому образованию с докладом выступил В.Л. Кирпичев – один из основателей политехнического образования в России. В нём были сформулированы принципы профессионального образования: «Эксперимент имеет двоякое значение. Во-первых, его надо применять при преподавании, как демонстрацию, с целью придания ясности, жизненности изучаемым идеям для лучшего, более прочного закрепления их в умах студентов. Второе значение эксперимента в школе есть обучение искусству экспериментировать, производить те опыты, которое в значительном количестве придется им делать во время их технической службы.

...всякие шаблоны, установленные образцы, готовые конструкции вредны для развития технического дела. Они убивают фантазию, отнимают у нее поле деятельности, порождают черствость»¹¹.

3. Отечественная философско-педагогическая наука XIX – XX веков о смыслах и ценностях научного образования

Отечественная философско-педагогическая мысль XIX–XX столетий внесла свой вклад в разработку проблемы научного образования для школы. В работах русского философа И.А. Ильина (1883–1954) «имеются ответы на самые трудные вопросы, им разработаны не только религиозные, философские, но и тактические пути и способы нашего государственного и духовного возрождения»¹². Современное прочтение работ философа, посвящённых духовному возрождению и вос-

¹¹ Кирпичев, В. Значение фантазии для инженера // ВВШ. 1990. № 11. С. 67–73. С. 72.

¹² Сиземская, И.Н. Идеи воспитания в русской философии XIX – начале XX века / И.Н. Сиземская, Л.И. Новикова. – М. : Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН), 2004. – 271 с. – С. 183.

питанию личности, способно обогатить образовательную практику новыми подходами к традиционным для неё проблемам.

Одна из таких проблем – преодоление технократизма и преемственность вкладов естественнонаучного и гуманитарного образования в содержание подготовки к научной деятельности. Известно, что научное наследие И.А. Ильина не содержит собственно педагогических трудов, но характеризуется ярко выраженной педагогической направленностью¹³. Утверждая, что «грядущая культура должна обновить своё педагогическое искусство», Ильин обращается к двум культурным потерям образования: потере в Советской России академических ценностей науки и потере самой наукой таинства познания.

В работах последних лет жизни: «Путь к очевидности», «Наши задачи», «Взгляд в даль» – учёный в разных литературных жанрах (статьи, размышления, послания) возвращается к теме борьбы за научный уровень образования. «Наука есть великая сила: она учит человека самостоятельному мышлению, предметному опыту и твёрдому знанию своих предметов; она приучает человека к ответственной осторожности и скромности в суждении. Именно в этом и состоит научная культура»¹⁴.

Мир науки в мировоззрении И.А. Ильина – это вечное движение к великой тайне, которое начинается с детства: в «ребёнке живёт внутреннее беспокойство, пристальная наблюдательность, исследовательский дух»¹⁵. Однако взрослый мир в своём стремлении всё разгадать, свести к рассудочным схемам, упростить, мешает детству «созерцать тайны мироздания и дивиться им искренне и глубоко»¹⁶. И.А. Ильин утверждает, что «в основании всякого серьёзного исследования лежит исходное допущение, что в мире нет ничего «простого», что наука во всех вещах и существах имеет перед собой сверхсложный и всесторонне обусловленный предмет, сокровенно-глубокий и неисчерпаемый ни чувственным опытом, ни рассудком. Наука видит себя везде перед лицом тайны»¹⁷.

¹³ Асанова, Л.И. Проблемы духовно-нравственного воспитания в педагогическом наследии И.А. Ильина / Л.И. Асанова. – Н. Новгород: Изд-во НГПУ, 2006. – С. 53.

¹⁴ Ильин, И.А. Наши задачи / И.А. Ильин // Собр. соч.: в 10 т. Т. 2, кн. 1. – М.: Русская книга, 1993. – 496 с. – С. 50.

¹⁵ Ильин, И.А. Путь к очевидности. / И.А. Ильин // Собр. соч.: в 10 т. Т. 3. – М.: Русская книга, 1994. – С. 525.

¹⁶ Там же, с. 528.

¹⁷ Там же, с. 530.

Философ видел одну из главных опасностей двадцатого века в утрате традиций истинно научного образования и преобладании традиций позитивизма в научных исследованиях, когда «рядом с трезвой и разумной наукой выступила заносчивая скудоумная полунаука, когда тёмная масса вообразила себя «просвещённой», и в мире разлилось плоское и пошлое полуобразование»¹⁸.

Гуманитарные потери образования и науки своего времени И.А. Ильин предлагает восполнить изменением позиции исследователя и «обновлением строения познавательного акта». Всякое познание должно начинаться с изумления и «дивования», а затем, пробуждая в душе исследовательскую совесть, стремиться к безграничному углублению. Цель учёного – приблизиться к созерцанию великой и глубокой тайны мироздания. Эта тайна не постигаема аналитическим рассудком, экспериментом, она может открыться наблюдателю только через «вчувствование». Именно так познавали мир великие исследователи Аристотель, Коперник, Леонардо да Винчи, Бойль, Ломоносов. «И потому мир жил в них и раскрывал перед ними свои глубины; а они сами были не только исследователями мира, но и мудрецами и любимцами природы»¹⁹.

Наука, построенная на объективном анализе, исключает из сферы своих интересов «жизнь чувств», сомнения, переживания. Такая наука, считает Ильин, «скользит по поверхности явлений; анализирует и констатирует, мыслит вслепую, без души; механизмирует свой опыт; лишает жизни свой предмет»²⁰.

Какие пути и способы гуманизации и духовного насыщения науки предлагал И.А. Ильин? Один из главных «путей к очевидности» – возвращение к ценностям академического образования, образования, которое воспитывает человека для самостоятельного бытия и самостоятельного мышления. Русский учёный призван вдохновенно любить свой предмет так, как его любили Геденов, Лебедев, Ломоносов, Менделеев, Пирогов, С. Соловьёв, кн. Сергей Трубецкой.

Другой способ состоит в том, чтобы вернуть в науку «дух свободного исследования»: «Настоящая наука начинается с индукции, то есть с непредвзятого, свободного наблюдения явлений, природы и людей.

¹⁸ Ильин, И.А. Путь к очевидности. / И.А. Ильин // Собр. соч.: в 10 т. Т. 3. – М.: Русская книга, 1994. – С. 526.

¹⁹ Там же, с. 534.

²⁰ Ильин, И.А. Взгляд в даль. Статьи 1948–1954 гг. / И.А. Ильин // Собрание сочинений: в 10 т. – М.: Русская книга, 1994. – С. 478.

От такого наблюдения, подкреплённого экспериментом, свободно организуемым опытом, мысль осторожно восходит к обобщению и пытаются выговорить законы материальной и душевно-духовной природы».

Настоящая наука углубляется интуицией, то есть живым созерцанием, которое «пытается верно вообразить и восстановить целое, распавшееся во время исследования на детали. Интуиция должна насыщать собой индукцию: тогда возникает настоящее исследование»²¹.

И третий путь возрождения таинства научного познания философ формулирует как развитие русской идеи:

- Русская наука не призвана подражать западной учёности ни в области исследования, ни в области мировосприятия. «Академия обращается не к ребёнку и не к подростку, а к умственно созревшему человеку: она воспитывает его к самостоятельному бытию и мышлению. Академия воспитывает в человеке духовную и, прежде всего, интеллектуальную самостоятельность, а значит, ведёт к духовной свободе»²².
- Русский учёный призван вносить в своё исследование начала сердца, созерцательности, творческой свободы и живой ответственной совести. Рассудочная наука, не ведающая ничего, кроме чувственного наблюдения, эксперимента и анализа, есть наука духовно слепая: она не видит предмета, а наблюдает одни оболочки его.
- Русский учёный по всему складу своему призван быть не ремесленником и не бухгалтером явлений, а художником в исследовании, ответственным импровизатором, свободным пионером познания²³.

Следовательно, с точки зрения содержания познавательной деятельности, научное образование школьников должно включать гуманитарную составляющую. Предполагая «обновление строения познавательного акта», И.А. Ильин считает необходимым освоение тех аспектов культуры, которые обеспечивают способность к самопознанию и самостоятельному мышлению.

Непосредственные результаты научного образования заключаются в усвоении школьниками знаний о науке, понимании её возможностей,

²¹ Ильин, И.А. Наши задачи / И.А. Ильин // Собр. соч.: в 10 т. Т. 2, кн. 1. – М.: Русская книга, 1993. – 496 с. – С. 53.

²² Ильин, И.А. Путь к очевидности. / И.А. Ильин // Собр. соч.: в 10 т. Т. 3. – М.: Русская книга, 1994. – С. 475.

²³ Там же, с. 532.

а также в приобретении ряда исследовательских умений. Гуманитарные ценности научного образования – смыслы и ценности науки: красота научной идеи, радость открытия, сопричастность и научное вдохновение – постигаются через «вчувствование». «Вчувствование» – знаковое понятие в системе философско-педагогических воззрений философа И.А. Ильина. Вчувствование, в понимании учёного – это интегративное проявление нравственных, интеллектуальных и эстетических чувств; это способность видеть мир и себя в нём «духовными» глазами; это высокие эстетические и нравственные идеалы человека, познающего мир.

В теоретическом осмыслении ценностей и целей научного образования наиболее важным является то, что задача воспитания человека развивающегося, осознанно творящего свою жизнь и окружающий мир, определяет и те условия, при которых возможно решение этой задачи. Такими условиями русские философы XX века (С.И. Гессен, И.А. Ильин и др.) провозглашали воспитание самостоятельности мышления, усвоение гуманитарных ценностей научного познания и максимализм нравственных ценностей.

4. Внешкольные учреждений в России в начале XX века как центры педагогического эксперимента и инновационного обучения

Инновационной стороной образовательной практики начала XX века является развитие образовательных учреждений социально-культурной направленности: «Это были своеобразные социально-педагогические комплексы, где на основе самоуправления действовали различные кружки, мастерские»²⁴.

Появление первых детских клубов в России в начале XX века непосредственно связано с политической ситуацией в стране. Стремление прогрессивной интеллигенции противопоставить демократическое воспитание классово-сословной политике в области просвещения явилось основной причиной возникновения в России широкого движения создания детских клубов. Предпосылкой возникновения детских внешкольных учреждений в конце XIX – начале XX вв. стали теория и практика общественного воспитания (П.Ф. Каптерев, В.П. Вахтеров и др.), внешкольного образования (А.У. Зеленко, Е.Н. Медынский), детского движения (Н.К. Крупская), «свободного вос-

²⁴ Богуславский, М.В. XX век российского образования / М.В. Богуславский. – М.: ПЕРСЭ, 2002. – 336 с. – С. 5.

питания»

(К.Н. Венцель), «педагогики среды» (С.Т. Шацкий, А.С. Макаренко).

Подвергнув острой критике авторитарное воспитание, оторванное от жизни образование, представители теории свободного воспитания выдвигали требования важности и необходимости развития интересов детей, их способностей, самостоятельности и активности. Распространению клубных учреждений в описываемые годы помог журнал «Свободное воспитание», основной пропагандист этого течения. Журнал издавался в Москве с 1907 по 1918 год. Его редактором был И.И. Горбунов-Посадов – русский педагог, известный писатель и общественный деятель.

Существенным для развития российского образования в конце XIX века оказалось усвоение педагогических идей, пришедших из Германии и Америки. Идеи Дилтея, Уайтхеда, Наторпа разрабатывались педагогами-философами и получили завершение в концепции Константина Николаевича Венцеля (1875–1947), основателя «Дома свободного ребенка» – свободной общины детей, родителей, педагогов. Воспитание для Венцеля – залог оздоровления общества. Как последовательный сторонник идеи «свободного воспитания» он придавал исключительное значение исследовательскому поведению ребёнка. Для него характерна вера в творческие силы детей, в их стремление к самораскрытию. Освобождение ребенка от всякого внешнего авторитарного давления, представление полного простора его самостоятельности и инициативе – это педагогические переложения идей Руссо о детской природе и благотворном значении полной свободы в естественном развитии ребенка. К.Н. Венцель считал, что ребенок должен получать столько знаний, сколько желает и приобретать их тогда, когда в этом чувствует необходимость. Процесс изучения учебных предметов в школе, по мнению К.Н. Венцеля, должен сохраниться в форме свободного учения, лишённого принудительной формы урока, как «свободные занятия детей научными предметами»²⁵. В статье «Идеальная школа будущего» он сформулировал основной педагогический метод школы как метод освобождения в ребенке творческих сил, творческой воли и сознательной творческой активности. Такой «идеал школы был бы достигнут, если бы ребенок мог переходить от одного предмета к другому по собственному усмотрению и желанию и брать сколько ему

²⁵ Венцель, К.Н. Новые пути воспитания и образования детей // Хрестоматия по истории педагогики. Т. 4. – М., 1936. – С. 443.

понадобиться»²⁶. Он призывал педагогов демонстрировать детям примеры исследовательского поведения и поддерживать в них «дух неугомонного исследователя истины».

Им был обоснован политехнический принцип обучения: «Подобно тому, как существует общая подготовка к изучению всевозможных отраслей науки, так существуют и общие основные правила для изучения различных ремесел... Надо, чтобы дети постигли философию по возможности всех ремесел, всего производительного труда в целом»²⁷.

Свое педагогическое кредо К.Н. Венцель сформулировал в Декларации прав ребенка²⁸ и их можно считать определением парадигмы дополнительного образования детей:

- 1) Каждый ребенок, вне зависимости от его социального положения, имеет право на существование, на гарантированную совокупность жизненных условий.
- 2) Заботу о ребенке должны разделить между собой родители и государство.
- 3) Каждый ребенок имеет право на бесплатное воспитание и образование, соответствующее его индивидуальности.
- 4) Каждый ребенок есть самостоятельная личность.
- 5) Каждый ребенок имеет право выбирать себе воспитателей.
- 6) Ребенок в своей свободе и правах равен со взрослым совершеннолетним человеком.
- 7) Свобода ребенка заключается в возможности делать все, что не вредит другим людям. Ни один ребенок не может быть насильственно принуждаем к посещению того или другого воспитательного или образовательного учреждения.
- 8) Религиозное воспитание детей должно быть свободно.
- 9) Каждый ребенок пользуется правом создавать с другими детьми или взрослыми те или другие союзы, кружки и тому подобные общественные соединения в той же мере, в какой это право принадлежит и взрослым.
- 10) Ни один ребенок не может быть подвергнут лишению свободы, кроме тех случаев, которые точно сформулированы в законе.

²⁶ Венцель, К.Н. Новые пути воспитания и образования детей // Хрестоматия по истории педагогики. Т. 4. – М., 1936. – С. 435.

²⁷ Там же.

²⁸ Венцель, К.Н. Декларация прав ребенка // Свободное воспитание и свободная школа. 1918. № 1–3. С. 71–75.

В.П. Вахтеров рассматривал принцип свободы и право свободного выбора в контексте рациональной педагогики. «Способности детей различны и стремления их к развитию также не тождественны. Ни один ребенок не тождественен с другими. Каждый из них не копия, а оригинал. ... Нельзя найти хотя бы двух детей, у которых была бы совершенно одинакова история их души: всегда найдется разница в наследственности, разница в условиях развития и в личных переживаниях. У каждого свое стремление к развитию, на котором отразились и история его предков, и его личные переживания, ... задатки нового и оригинального ребенок приносит в жизнь еще при рождении; но он развивает прирожденные оригинальные черты уже под влиянием внешней среды, включая сюда и общество, и школу, и воспитание, под влиянием опыта и всех личных переживаний.

Под воздействием внешней среды в ребенке точно так же возникают стремления не только к шаблонному развитию, типичному для всех людей его расы и его класса, но еще и к развитию индивидуальных, ему одному принадлежащих свойств в их своеобразных сочетаниях, ни у кого другого не повторяющихся вполне точно. И все это вместе объединено в одно неразделенное живое целое, индивидуальное, не скопированное, а оригинальное. И как бы смутно ни было в ребенке стремление к развитию, оно вполне индивидуально. Каждый стремится к развитию по-своему»²⁹.

Немалое влияние на образование детей в России в начале XX века оказала и зарубежная практика. В США, Швеции, Норвегии, Англии, Швейцарии и ряде других стран были особенно распространены клубы. Основной особенностью детских клубов в России было то, что они создавались для детей бедноты, не посещавших школу. Организаторы клубов стремились сделать эти учреждения как можно более демократичными, поэтому не принимали правил зарубежных клубов о несменяемости руководителей. Не переняли российские клубы высокой платы за посещение, организации при клубах детских сберегательных касс, так как это противоречило самой сущности детских клубов и было неприемлемо для детей бедноты. Не признавался распространенный на Западе «суд товарищей» как метод воспитания. Русская интеллигенция выступала против открыто выраженной в работе некоторых зарубежных клубов политики национализма, а также против военизи-

²⁹ Вахтеров, В.П. Основы новой педагогики // Антология педагогической мысли России второй половины XIX – начала XX в. – М.: Педагогика, 1990. – С. 520.

рованных стрелковых союзов, распространенных в клубах Англии и США. В клубах России не проводилось религиозное воспитание. В дореволюционных условиях это было особенно прогрессивно. Организуя детей, педагоги широко привлекали к этой работе родителей.

Возникновение первых дореволюционных внешкольных учреждений для детей в России связано с именами Станислава Теофиловича Шацкого (1878–1934) и Александра Устиновича Зелёнка (1871–1953). В 1905 году они открыли первый в Москве клуб для детей, здание которого было построено по проекту А.У. Зелёнка.

Для педагогической позиции С.Т. Шацкого характерно признание естественной природной основы в качестве начального звена в развитии ребенка. Он считал, что все неудачи в работе с детьми связаны с невнимательным отношением к природным свойствам каждого ребенка и незнанием детской среды. Поэтому он уделял особое внимание созданию среды обучения, воспитания и развития личности ребенка, проблеме ее эффективной организации. Свободная внешкольная работа отличается от школы тем, считал С.Т. Шацкий, что не стремится дать детям наибольшее количество знаний в наименьшее время. Настоящий педагог должен начинать работу с наблюдения, исследования детской индивидуальности, изучения ее потребностей, природных наклонностей для последующего создания метода, сохраняющего природный потенциал личности.

Критика существующей школы, ее замкнутой формы организации со своими собственными интересами стала основой для появления позитивного отношения к внешкольным, свободным от формализма, видам работы с детьми: детским клубам, свободным занятиям, библиотекам, кружкам, площадкам для игр, детским ассоциациям. В отличие от школы организаторы этих форм детских объединений следовали не возрастному принципу, а принципу товарищества и общего интереса. Клуб соединял все основные элементы детской жизни на основе запросов самих детей в области физического труда, игры, искусства, умственной и общественной деятельности. Именно эти сферы, по мнению Шацкого, являются главными в жизни человека. Само название «детский клуб» не отражает сути предлагаемого вида учреждения внешкольного образования. «Это скорее многопрофильный центр, объединяющий в единый комплекс мастерские, соотнесённые с глав-

ными видами труда: обработка дерева, кожи, металла, ткани, глины, а также приготовление пищи»³⁰.

Созданные С.Т. Шацким и А.У. Зелёно в Москве и в районе Бутырской слободы и Марьиной роши детские сад и клубы носили общее название «Дневной приют для приходящих детей». По свидетельству М.Н. Скаткина, который в детские годы посещал эти занятия, здесь систематически занимались до 450 детей³¹. При клубе действовала начальная школа, занятия в которой вела Е.А. Фортунатова.

На базе приюта было организовано культурно-просветительное общество «Сетлемент». Название общества было подсказано опытом создания в Америке сетлементов – посещений культурными интеллигентными людьми бедных слоев населения для проведения просветительской работы. Общество ставило главной целью удовлетворение культурных и социальных потребностей детей и молодежи малообеспеченной и малокультурной части населения, фактически лишенной возможности получить школьное образование. Помимо детского сада, начальной школы и клубов общество имело ремесленные курсы и вело культурно-просветительную работу и среди взрослого населения. Практическая работа с детьми основывалась на педагогической концепции, разработанной членами общества и исходившей из необходимости создания условий, которые помогли бы детям жить богатой эмоциональной и умственной жизнью. В обучении акцент был сделан на усвоение практически значимых для жизни детей знаний. Отношения между педагогами и детьми понимались как отношения между старшими и младшими товарищами. Большое значение придавалось воспитанию у детей чувства товарищества, солидарности, коллективизма. Необычным явлением для педагогической практики того времени была организация детского самоуправления.

Первоначально дети в клубе объединялись по принципу товарищества. Собираясь по вечерам, они принимали участие в играх, праздни-

³⁰ Клячкина, Н.Л. История теории и практики дополнительного образования в России // Исследовательская деятельность учащихся. Научно-метод. сборник. В 2-х т. / Под ред. А.С. Обухова. Т. 1: Теория и методика. – М.: Общероссийское общественное движение творческих педагогов «Искатель», 2007. – 701 с. – С. 105.

³¹ Горский, В.А. Становление самодеятельных объединений в России / В.А. Горский, З.З. Сулейманова, А.Х. Чупанов // Наука и молодёжь: Сб. материалов Российской открытой научно-практической конференции «Мотивационно-ценностные подходы привлечения молодёжи в науку» / Под ред. Л.Ю. Ляшко. – Обнинск, 2004. – 194 с. – С. 18.

ках, прогулках, слушали рассказы педагогов, сами устраивали катки, площадки для игр и т. п. Основное внимание педагогов было направлено на поиски общественных форм воспитания, например детских собраний-сходок, способствующих организации общественного мнения в детской среде.

Постепенно, глубже изучая психологию детей и анализируя эффективность клубного воздействия, С.Т. Шацкий пришёл к выводу о необходимости развивать в первую очередь интересы детей. «В этих учреждениях мастерские должны быть разнообразны, чтобы было право свободного выбора, так как с течением времени ребята выявляют своё внутреннее призвание к той или иной деятельности»³². Составной частью клуба стали кружки, запись в которые была свободной. Работа клуба основывалась на самостоятельности, активности детей, на их широком общении друг с другом.

С годами С.Т. Шацкий все большее значение стал придавать трудовому воспитанию. Он считал, что начинать создание клуба надо с мастерских, работая в которых дети привыкают к организованности, приобщаются к жизни. Поэтому занятия проводились и в клубных мастерских: столярной, слесарной, переплетной, сапожной, швейной. Кроме этих помещений были отведены комнаты для занятий рисованием, для библиотеки-читальни, была оборудована обсерватория. Организовывались общие посещения музеев, театров, загородные прогулки. С.Т. Шацкий выступал за организацию длительного, но интенсивного и педагогически результативного воспитания в клубе. Таким образом, им был определен основной принцип внешкольного образования: индивидуальный подход к детям с целью развития их интересов и способностей.

Деятельность общества «Сетлемент» носила ярко выраженный социальный характер, так как была связана с изучением среды, в которой росли дети. Отсутствие религиозного воспитания, клубные формы, основанные на детском самоуправлении, необычные по своей организации, создавали, по воспоминаниям С.Т. Шацкого, «очень много врагов среди духовенства, чувствовавшего в нас своего врага, среди учительства, которому непонятна была новизна наших идей, и в той массе, среди которой приходилось вести работы: забитая беднота боялась,

³² *Шацкий, С.Т.* Избранные педагогические сочинения. В 2-х т. / С.Т. Шацкий. – М., 1980. – Т. 1. – С. 258–266.

как бы не попасть в беду вместе с нами»³³. В 1908 году общество было закрыто по распоряжению правительства, которое увидело в его деятельности попытку «проведения социализма среди маленьких детей».

В следующем году С.Т. Шацкий и его сподвижники создали общество «Детский труд и отдых» в Щелковском районе Подмосковья. Была продолжена работа детского сада, клуба, начальной школы. Из-за ограниченности средств, основными источниками которых были частные пожертвования, общество было не в состоянии охватывать большое число детей. Руководители общества искали новые формы организации детей. В 1911 году под Калугой была открыта колония «Бодрая жизнь», в создании которой большую роль сыграла Валентина Николаевна Шацкая (1882–1978), жена С.Т. Шацкого, впоследствии ставшая крупнейшим специалистом по проблемам музыкального воспитания детей. В этой колонии каждое лето жили 60–80 детей, занимавшихся в клубах общества «Детский труд и отдых». По сути это был первый детский летний лагерь в России. Основой жизни в колонии был физический труд: приготовление пищи, самообслуживание, благоустройство, работа на огороде, в саду, в поле, на скотном дворе. Свободное время отводилось играм, чтению, беседам, постановкам спектаклей-импровизаций, занятиям музыкой, пением. Анализируя опыт колонии, С.Т. Шацкий сделал вывод, что физический труд оказывает организующее влияние на жизнь детского коллектива. Трудовые занятия детей имели и образовательное значение, они были источником знаний о природе, сельскохозяйственном производстве, способствовали формированию трудовых навыков. Позднее в Москве на Хамовническом валу был создан «Форпост С.Т. Шацкого», который работает до сих пор.

В 1914 году был создан Союз клубов, создавший «Справочное бюро», обобщавшее информацию по клубному движению.

В дореволюционный период практика внешкольных занятий детей, возникнув как социальное явление, начала приобретать статус педагогической системы. Результатом деятельности явилось обсуждение вопросов о клубной работе с детьми на I Всероссийском съезде по вопросам народного образования (декабрь 1913 – январь 1914), где внешкольные учреждения были признаны «необходимой общественно-педагогической организацией». Таким образом, творческие усилия

³³ *Шацкий, С.Т.* Наше педагогическое течение // Пед. соч. в 4-х т. Т. 2. – М.: Просвещение, 1964. – С. 135.

передовых педагогов дореволюционного времени, направленные на радикальную перестройку внутренней жизни школы, нашли свое выражение как в опытах создания внешкольных учреждений отдельными лицами и коллективами, так и в официальных попытках оформить признание правильности и законности этих опытов.

*5. Основные направления развития
исследовательских методов обучения
в общеобразовательной школе конца XIX – начала XX веков*

Наиболее ярким и полным примером применения исследовательских методов обучения в общеобразовательной школе стал дальтон-план, рождение которого было продиктовано практической необходимостью организации обучения. Его автор Элен Паркхерст (1887–1973), будучи сельской учительницей, работала с 40 детьми, разделенными на 8 групп. Особое значение в обучении она придавала развитию опыта детей в процессе обучения. «Только вводя опыт в повседневный обиход наших детей, можно вернуть школьной жизни напряжённость, и интерес, и смысл, которые она утратила»³⁴, – считала Э. Паркхерст. Организуя работу класса, она постаралась дать каждому ребенку какое-либо дело, привлекая старших детей в качестве помощников. Для этого она разделила помещение класса и подсобной комнаты на предметные зоны, предназначив определённое пространство для каждого предмета. Природная детская активность стала при такой организации занятий основным путём решения образовательных задач.

Позднее, преподавая в учительской семинарии, Элен Паркхерст разработала теорию «педагогической лаборатории» и обосновала её идеями самообразования Марии Монтессори, с которой познакомилась в 1914 году в Италии. «С самого начала лабораторный план, имел в виду полную реорганизацию школьной жизни. По моей мысли, вместо сложного и тяжеловесного механизма современной школы должна быть налажена гораздо более простая школьная организация, при которой, с одной стороны, ученики получили бы больше свободы, а с другой – каждый учитель (инструктор) стал бы специалистом в той или иной области. Помимо всего, мне хотелось уравнивать индивиду-

³⁴ Паркхерст, Э. Воспитание и обучение по дальтоновскому плану / перевод Р. Лансберга // Библиотека «Вестника просвещения». – М.: Изд-во «Новая Москва», 1924.

– 137 с. – С. 9.

альные трудности учеников и дать одинаковую возможность продвижения вперед способным и медленным ученикам»³⁵.

Теория «педагогической лаборатории» легла в основу дальтон-плана, сущность которого Элен Паркхерст определяет так: «Практический лабораторный план – это метод педагогической реорганизации для применения двух активностей – того, чему учитель учит, а ребенок учится. При разумном применении плана создаются условия, которые дают возможность педагогу учить, а учащемуся учиться»³⁶. Своё название педагогическая концепция получила по названию г. Дальтона (штат Массачусетс), где Э. Паркхерст проводила свою экспериментальную работу в средней школе в 1920 году.

Дальтон-план в трактовке его автора и педагогической практике Америки и Англии представлял собой следующую технологию. Школьный курс, намеченный к изучению в течение года, разбивался по месяцам. Каждый ученик брал у преподавателя программу на месяц в форме задания-«подряда». Следующее задание он мог получить, только выполнив «подряд». Школьное расписание состояло из одного урока (45 минут) в неделю по каждому предмету, посвященному коллективному обсуждению вопросов, связанных с работой над заданиями. Остальное время ученик самостоятельно выполнял задания по всем обязательным предметам, уделяя максимальное внимание и время тому предмету, который наиболее трудно ему дается или который его больше всего интересует. Ему предлагалось свободно планировать учебное время, порядок и темп выполнения заданий.

Для каждого школьного предмета была организована лаборатория, в которой собраны литература и приборы, необходимые для работы. Получив задание, ученик в зависимости от своего темперамента, способностей и наклонностей, а так же самого задания работал в лаборатории столько времени, сколько ему было необходимо. В любой момент он мог покинуть лабораторию и перейти в другую. «Лаборатория, – по определению Э. Паркхерст, – это место, где дети производят собственные эксперименты, где они свободно работают над своими подрядами, а не служат объектами для экспериментов»³⁷. В лаборатории, где царила атмосфера свободного творчества, могли работать

³⁵ Паркхерст, Э. Воспитание и обучение по дальтоновскому плану / перевод Р. Лансберга // Библиотека «Вестника просвещения». – М.: Изд-во «Новая Москва», 1924.

– 137 с. – С. 14.

³⁶ Там же, с. 33.

³⁷ Там же, с. 38.

ученики разных классов. Дети, получившие аналогичные задания, могли самостоятельно объединяться в группы и работать коллективно. Педагог помогал ученикам разобраться в задании, обучал самостоятельной работе. Он выступал для ребёнка в роли советчика, консультанта, помощника. Контроль за выполнением детских работ был представлен как самоконтроль.

Завершающим этапом работы являлась конференция, которая проводилась с целью проверки индивидуальной работы, анализа и уточнения выводов и обобщений, полученных школьниками, определения плана дальнейшей работы.

Таим образом, основными особенностями дальтон-плана являются:

- принцип свободы, из которого вытекают принципы самостоятельности ученика и собственной ответственности за успехи в образовании;
- перенесение внимания с программ и количества накапливаемых знаний на процесс их приобретения.

Принцип возбуждения интереса к приобретению знаний стал в условиях педагогической системы Элен Паркхерст неотъемлемой составной частью всей школьной жизни и получил техническую разработку, благодаря которой приобрёл возможность массового распространения. Таким образом, веками звучавшие призывы к исследовательскому обучению получили возможность реализации в практике массового школьного образования.

Наиболее активно данная педагогическая система распространилась в Англии. «Лёгкость, с которой английские школы переходят на новую систему, объясняется тем, что дальтон-план для них отнюдь не ломка старого, а усовершенствованный способ осуществления существующих школьных традиций»³⁸.

В начале 1923 года была переведена на русский язык книга Эвелины Дьюи «Дальтонский лабораторный план». В этом же году была осуществлена попытка внедрения дальтон-плана в российских школах. Инициаторами движения по его распространению были учителя, которые видели в нём путь к научной организации труда в школе. При этом, как писал в 1935 году известный учёный и пропагандист исследовательского метода обучения в СССР Иван Фомич Сवादковский (1895–1977): «В задачу коммунистической педагогики входит очистить дальтон-план от элементов буржуазного анархизма, освободить

³⁸ Сवादковский, И.Ф. Дальтон-план в применении к советской школе. Изд. 2-е. – М.: Государственное изд-во Главполтпросвет, 1926. – 155 с. – С. 29.

его от монтессорианской философии воспитания и насытить принципами коллективной работы»³⁹. Сама Э. Паркхерст считала, что дальтон-план создаёт условия для развития как индивидуальных способностей ребёнка, так и для социальных навыков и умений совместной деятельности через комбинацию индивидуального и коллективного учебного труда детей. Различное понимание дальтон-плана объясняется не его сущностью, а целью его применения. Если свобода ученика является непременной составляющей дальтон-плана, то развитие коллективных навыков может как присутствовать, так и отсутствовать на практике.

Другим вопросом, по которому велись активные педагогические дискуссии в этот период, было противопоставление дальтон-плана методу проектов, автором которого был профессор педагогики учительского колледжа при Колумбийском университете США Уильям Киллпатрик (1871–1965). По мнению И.Ф. Сладковского, оба метода имеют одно и то же педагогическое устремление и обоснование, характерные черты и педагогический процесс, слагающийся из: постановки проблемы – раздачи заданий; планирования задания во времени и применительно к условиям работы; самостоятельной работы ученика над заданием в кабинете, библиотеке, мастерской или в каком-нибудь общественном учреждении; проверки выполнения задания.

«Осуществи Паркхерст свою мечту, чтобы сами дети намечали себе задания, – писал И.Ф. Сладковский в работе «Дальтон-план в применении к советской школе», – мы имели бы в её книге изложение метода проектов. Противопоставление дальтон-плану метода проектов, таким образом, основано на недоразумении»⁴⁰. При этом он отмечал, что в руках неопытного учителя дальтон-план превращается в мёртвую схему, в «книжное обучение», которому противостоит метод проектов как система делания, изучения фактов, как система школьного обучения, связывающая школу с живой действительностью. Э.Л. Левин в работе «Новые пути школьной работы»⁴¹ писал, что дальтон-план даёт лишь организационную форму, в то время как метод проектов – содержание и метод. По мнению И.Ф. Сладковского, достаточно дальтон-план пополнить методом проектов, чтобы получить то, что нужно советской школе. При этом необходимо, чтобы:

- проекты имели практическую значимость: «Силы ребёнка невелики – пусть невелики будут и его дела, но пусть это будут всё-таки

³⁹ Сладковский, И.Ф. Дальтон-план в применении к советской школе. Изд. 2-е. – М.: Государственное изд-во Главполитпросвет, 1926. – 155 с. – С. 20.

⁴⁰ Там же, с. 97.

⁴¹ Левин, Л.Э. Новые пути школьной работы (метод проектов). – М., 1925.

полезные дела... Плодом работы учеников над проектом должно быть какое-то осязательное достижение не только для них самих, но и для окружающих. Характернейший признак проекта – его результат, который и манит к себе ученика, возбуждая его деятельность, интерес, внимание, упорство в работе»;

- задание было понятно ребёнку и продиктовано его интересом – только такой проект имеет педагогическую ценность: «Мало предложить ученику то или иное задание, надо сделать так, чтобы это задание было ему посильно, понятно, чтобы он был в нём заинтересован, чтобы в нём, он развивал свои творческие силы»;
- проект способствовал активному изучению окружающей жизни.

Метод проектов он предлагал внедрять в школы под лозунгом: «Изучай не книги, а жизнь», что предполагало определение интересных для учеников дел и постановку перед ними ясных целей работы, использование книги в любом деле, в то же время не превращая технические навыки в письмо, счёте и чтении в самоцель. Из зарубежной практики автор считал неприемлемым для советской школы анархию тем для проектов, формализм в определении понятия проекта, эмпиризм и беззаботность к «теоретическим знаниям», ограниченность, довольствующуюся интересами двора. Особенности внедрения метода проектов в советской школе И.Ф. Сवादковский видел:

- в наличии чёткой программы обучения: «Мы должны иметь совершенно определённую программу навыков и знаний, являющихся минимумом наших задач... Мы отказываемся от анархии в учебном материале, проекты учеников мы ставим в органическую связь с нашими программами. Возбуждая активность ученика, мы выводим эту активность в определённые рамки»;
- в сочетании традиционных учебных курсов с методом проектов: «Нам нет нужды обманывать себя иллюзиями и называть проектом упражнения по чистописанию или чтение, хотя бы и сознательное, и целенаправленное, – для нас важнее другое: чтобы возможно большую часть школьной работы перевести на действительные проекты, где имел бы смысл и выбор, и планирование, и критика проекта, и возможно меньше заниматься упражнениями, не имеющими отношения к выполнению проекта». И.Ф. Сवादковский предлагал считать проектной только деятельность, направленную на изменение среды или решение теоретической проблемы.

Анализируя практику работы школ США и Англии по дальтон-плану И.Ф. Сवादковский пришёл к следующим выводам⁴²:

- 1) метод проектов – одна из форм организации учебного материала, на основе посильного и интересного для ученика дела;
- 2) он не может быть противопоставлен дальтон-плану как особая организация школы или как особый принцип работы, это одна из деталей работы школы, организованной по дальтон-плану;
- 3) школа, практикующая исследовательский метод, должна большинство программных заданий строить по принципу проектов;
- 4) к педагогическим моделям, в том числе к методу проектов и дальтон-плану, нужно относиться с большой осторожностью и не переносить механически на российскую школу;
- 5) необходимо следить за успехами метода проектов в других странах, использовать его опыт связи школьного обучения с жизнью;
- 6) следует внимательно изучить осуществлённые детьми в других странах проекты, чтобы научиться составлять посильные, интересные и образующие задания-проекты.

В результате активной теоретической переработки к условиям и задачам образования в развивающейся социалистической республике дальтон-план приобрёл в российской школьной практике свои отличительные черты:

- наличие учебной программы, утверждённой министерством образования;
- разделение учителем программы на девять частей в соответствии с количеством учебных месяцев;
- выделение в каждой части учебной программы заданий с учётом сил учащихся для самостоятельного освоения учениками через подряды;
- самостоятельная работа учащихся над выполнением заданий, с обращением при наличии затруднений к педагогу;
- проверка учителем выполненной работы.

Поиски концепций и методов исследовательского обучения, начавшиеся с идеи «свободного воспитания» Ж.Ж. Руссо, велись во многих странах. Дальтон-план Э. Паркхерст и метод проектов У. Килл-патрика широко вошли в мировую образовательную практику. В то же время в отечественной педагогике в этот же период была разра-

⁴² *Свадковский, И.Ф.* Дальтон-план в применении к советской школе. Изд. 2-е. – М.: Государственное изд-во Главполитпросвет, 1926. – 155 с. – С. 107.

ботана собственная концепция исследовательского обучения, во многом схожая с дальтон-планом и получившая название «студийной системы»⁴³. Один из её авторов, Павел Петрович Блонский, опубликовал идеи «студийной системы» в работе «Трудовая школа» в том же 1919 году, что и Э. Паркхерст. Обособленность советской России повлияла на внедрение метода в мировую педагогическую практику.

Первая попытка организовать студийную работу была предпринята педагогом М. Камшиловым в Казани в 1919 году. В начале 20-х годов студийный метод начал внедряться в школах Москвы. Как видим, он предшествовал распространению в российских школах дальтон-плана.

Студия, как и дальтон-план, предполагала ликвидацию классно-урочной системы и активное использование «лабораторного метода» обучения. Программа делилась на циклы, а обучение организовывалось по группам, которые периодически докладывали результаты своей работы. Учебный процесс был построен по методу самостоятельного исследования, что требовало высокой организации и сплочённости коллектива. Исходя из этого, количество учащихся в студии ограничивалось 30–40 детьми. Обобщающим итогом была выставка.

Отличало студию от дальтон-плана и доминирование исследовательских методов обучения. Задача педагога студии виделась авторам метода в обучении умению самостоятельно добывать знания. Педагог должен был изучить возможности учеников, научить их работать в группе, пробудить интерес к предмету и раскрыть многообразие его содержания, познакомить с методологией изучаемой дисциплины, с методами самостоятельного исследования, указать ошибки в выполненной работе. Ссылаясь на авторов студийной системы Б.Н. Жаворонкова, А. Леонтьева, П. Симагина, А.И. Савенков выделяет следующие черты студийной работы:

- учебный процесс организован в лабораториях вне классно-урочной системы;
- обучение ведётся по программам и планам, разработанным учениками в соответствии с общими программами;
- используются разнообразные методы обучения: лекционный, лабораторный, трудовой, экскурсионный и т.д.;
- предметом изучения может быть любой материал, взятый из жизни или из литературы;

⁴³ Савенков, А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению. – М.: Ось-89, 2006. – 480 с. – С. 195.

- учебную работу ученики осуществляют в присутствии педагога и при его постоянном консультировании коллективно по принципу разделения труда, то есть работают над одной темой с единой целью, разделяя задачи;
- итоги обучения подводятся по оценке реального результата, представленного практическими работами учеников (доклады, рисунки и т. д.).

При этом студия предполагала сочетание индивидуальной и коллективной форм работы. В первом случае основными методами обучения выступало изучение печатных источников и учебных пособий, проведение наблюдений и опытов, самостоятельное исследование, систематизация и изложение полученных результатов, участие в дискуссиях. Во втором случае методами обучения выступали лекции преподавателей, диспуты, конференции, ведение дневника достижений студии, протоколирование студийных бесед, составление учебных пособий (конспектов, дневников, библиографических указателей), экскурсии.

Обновление всех сторон жизни в соответствии с принципом «революционной целесообразности», к которому стремились лидеры коммунистической партии после революции 1917 года, коснулось и образования. В качестве основных критериев при выборе форм обучения выступали задачи развития активности и самостоятельности детей. Среди методов рассматривались исследовательский, трудовой, лабораторный, эвристический и экскурсионный. Основоположники советской педагогики И.Г. Автухов, П.П. Блонский, Б.В. Всесвятский, Ш.И. Ганелин, А.Г. Калашников, Н.К. Крупская, А.П. Пинкевич, И.М. Писирак, Б.Е. Райков, В.Ф. Ульянинский и др. настаивали на необходимости воспитания у учащихся исследовательского подхода к жизни. Попытки заменить предметное деление содержания образования и классно-урочную систему как основу репродуктивного образования на исследовательское обучение нашли отражение и в правительственных документах. В 1923–1925 годах был разработан первый вариант комплексных программ Государственного учёного совета, где учебный материал объединялся вокруг трёх основных тем: природа и человек, труд, общество. Комплексно-проектные программы 1929 года ориентировали школу на отказ от классно-урочной системы организации обучения, перестраивали его по методу студийной системы и требовали активно использовать исследовательские методы работы. Особенностью их реализации в советской школе было преимущественное

использование коллективных методов обучения, поэтому данный метод получил название «бригадно-лабораторного».

На практике это вылилось в преобразование классов в звенья и бригады по 3–5 учеников. Учебный план делился на 8 месяцев, на каждый из которых учебная группа получала задание по каждому предмету. В задании указывалась цель, тема, литература, перечень практических работ и контрольные вопросы. После консультации педагога по полученному заданию ученики приступали к его выполнению в предметной лаборатории, где в учебных карточках дежурный учитель отмечал время занятий каждого ученика. Он же принимал выполненное задание и ставил подпись в учебной карточке. Таким образом, учитель из источника знаний для учеников превратился в организатора учебного процесса и консультанта. Достоинствами бригадно-лабораторного метода были развитие инициативы, самостоятельности учеников, развитие коллективных навыков и умений планировать работу.

В начале 30-х годов от исследовательских методов обучения в школе отказались. Основанием для этого стал низкий уровень знаний учеников, в качестве причин которого выделяют отсутствие подготовленных педагогических кадров, способных работать с исследовательскими методами обучения; слабую разработанность методики проектной деятельности; преувеличение значения метода проектов в ущерб другим методам обучения; сочетание метода проектов с педагогически необоснованной идеей комплексных программ.

Таким образом, начало XX века ознаменовалось поисками и практической реализацией разнообразных концепций и организационных форм исследовательского обучения, охвативших Европу и Америку. Во многих странах были осуществлены попытки внедрения исследовательского обучения в школе. Наибольшее распространение приобрели дальтон-план и метод проектов. Дальтон-план выступал формой организации образования, основанной на исследовательском поведении учащихся, а метод проектов – методом реализации исследовательского обучения. При этом метод проектов идеально соответствовал организационным особенностям дальтон-плана.

6. Исследовательское направление в истории дополнительного научного образования школьников

Современное науковедение рассматривает науку в трёх контекстах: как социальный институт, как форму общественного сознания и как социальную деятельность. В определённый исторический период

один из контекстов науки становится ведущим, определяет пути решения практических задач в различных сферах: социальной, биологической, образования и воспитания, техники и т. д. В современном образовании наука представлена, прежде всего, как социальный институт с отдельными от общего образования целями и функциями.

Образовательная цель науки как социального института состоит в формировании исследовательской элиты в научной области. Сторонники такого подхода к взаимодействию науки и образования считают, что важнейшая «основополагающая идея элитной подготовки состоит в том, что достигаемое при этом погружение студентов в атмосферу научного института (начиная с младших курсов), помимо повышения качества образования, является сильнейшим фактором привлечения молодёжи в науку»⁴⁴.

Дополнительное образование ориентировано, как показывает анализ исторического опыта, на науку как форму общественного сознания. Общая функция науки в таком контексте – быть основой целесообразной и полезной деятельности, что предполагает реализацию познавательных, культурно-воспитательных и практических задач. Поисковая, исследовательская деятельность школьников в условиях дополнительного образования создаёт условия для формирования научного мировоззрения и исследовательского поведения.

До 1917 года дополнительное образование детей определялось как внешкольное образование. Затем до начала 90-х гг. употреблялись термины «внешкольная работа», «внешкольное воспитание», «внешкольные учреждения». Закон РФ об образовании (1992) ввел в научный оборот термин «дополнительное образование детей».

История развития исследовательской деятельности школьников сопровождалась становлением в России 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). С этого времени внешкольное образование было включено в общую систему народного просвещения, инициатива в организации дополнительного научного образования детей перешла из рук общественности к государству.

⁴⁴ Литвак, А.Г. Подготовка специалистов в области точных наук в условиях базового факультета института РАН / А.Г. Литвак, М.Д. Токман // Подготовка научных кадров в Российской Федерации. Состояние, перспективы развития. – Нижний Новгород, изд-во Нижегородского ун-та, 2002. – С. 162–164. – С. 163.

Страна остро нуждалась в образованных технических кадрах, способных в кратчайшие сроки вывести Россию из разрухи, поэтому основное внимание в дополнительном научном образовании школьников в этот период уделялось развитию сети учреждений технического творчества и моделирования. А.В. Луначарский, выступая в 1919 году с идеей внешкольного технического образования, говорил: «Человек должен развешивать свое научное творчество возможно шире, ибо на этом дереве и растут плоды, которыми потом будут все питаться... Мы должны заботиться, чтобы ... как можно больше людей постепенно поднималось ... до умения работать в области науки, до совершенно свободного творчества»⁴⁵. Н.К. Крупская, обсуждая проблемы политехнического образования, писала: «Мне кажется, что очень большую роль может сыграть система внешкольных кружков. Только работу этих кружков надо поставить иначе. Недопустимо превращать их в продолжение классных занятий... Кружки, правильно поставленные, помогают дифференциации детских интересов, углублению их и могут весьма и весьма сильно облегчить для подростка проблему выбора профессии»⁴⁶.

В этот период была создана широкая сеть детских профильных учреждений: технические и сельскохозяйственные станции (Москва, 1926), детские железные дороги (Тбилиси, 1934), детская водная станция (Архангельск, 1935), детская автотрасса (Москва, 1937), детский сахарный завод (Винница, 1937), детский керамический завод (Харьков, 1938), отделы науки и техники при Дворцах пионеров. В поздравлении с 10-летием в 1936 году первой детской технической станции академик С.И. Вавилов писал: «Всюду, во всем культурном мире перед нами налицо бесспорный подъём научно-технического исследования, ранее невиданный и имеющий громадные социально-экономические последствия... Для дальнейшего очень большого роста и расширения советской науки и техники требуется многое, но, прежде всего, необходимы новые люди, новые научные работники разных квалификаций, начиная от препараторов и лаборантов и кончая ответственными руководителями лабораторий и институтов».⁴⁷

Способствовали развитию дополнительного научного образования школьников в 30-е годы конкурсы журнала «Знание – сила». В 1938 го-

⁴⁵ Луначарский, А.В. Задачи внешкольного образования в советской России // О воспитании и образовании. – М., 1976. – С. 371.

⁴⁶ Крупская, Н.К. Полное собрание сочинений. Т. 2. – С. 381–382.

⁴⁷ Горский, В.А. Живое образование. – М.: ООО «ПРИНТ», 2007. – 341 с. – С. 151.

ду на третьем Всероссийском конкурсе был рассмотрен 621 проект, авторами которых в основном были школьники 14–16 лет⁴⁸.

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

Исследовательское движение школьников активно возобновилось в 1950–60-е годы. В этот период широко распространились школьные организации Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов. В 1966 году в Москве прошёл первый Всероссийский слёт юных рационализаторов и конструкторов. В программе слёта была выставка технического творчества, посещение предприятий и НИИ столицы. Академик Б.Е. Патон на страницах журнала «Юный техник» писал: «У мальчишек зоркие глаза и умелые руки. Иной раз диву даешься, насколько просты и остроумны их самоделки – в пору завидовать взрослым инженерам. Увидят мальчишки: дворник поливает газон. Тяжёлая струя воды ломает хрупкие растения. А нельзя ли сделать так, чтобы вода разбрызгивалась равномерно? И вот уже ласковый душ умывает зелень. Где-то на дороге забуксовала машина. А что, если сделать такое приспособление – закрепить под кузовом ящик с песком? Надавил педаль – и песок посыплется под колёса... Мальчишки и учебники читают как-то по-особенному. Прочитают, как работает гальванический элемент, и обыкновенная редиска в их руках может стать источником электричества... В наше время вовсе не достаточно иметь документ об окончании школы, техникума, даже института, чтобы считать себя хорошим специалистом. Нужно научиться работать, мыслить. Полюбить творчество. Изобретать – это свойство человека, которое сочетает в себе любознательность, умение взглянуть на вещи так, как никто ещё до тебя не смотрел. И наконец, упорство в

⁴⁸ Горский, В.А. Живое образование. – М.: ООО «ПРИНТ», 2007. – 341 с. – С. 154.

желании увидеть изделие своих рук в работе. Это свойство обязательно пригодится в жизни, какую бы профессию вы не выбрали»⁴⁹.

Определились основные направления и формы научно-технического творчества школьников:

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

Появление научных обществ учащихся в России связано с политической «оттепелью» 60-х годов XX века. Их основу первоначально составляли научно-технические общества (НТО). К концу 1954 года в стране действовало 21 отраслевое НТО. Их учебно-исследовательская деятельность велась на базе производственных предприятий, вузов и НИИ при активном содействии местных партийных организаций. В начале 1960-х годов активизировались разнообразные школьные кружки, школьные клубы по интересам.

В 1956 году в городе Керчь был открыт первый в стране профильный лагерь «Юный техник», а в апреле 1963 года в Крыму на базе областной станции юных техников была основана Малая академия наук (МАН) «Искатель», объединившая 12 городских и районных станций юных техников. Создание МАН «Искатель» было поддержано президентом Академии наук Украины академиком АН СССР Б.Е. Патонем на страницах газеты «Юный ленинец». Решением Президиума академии наук Украины для оказания шефской помощи МАН «Искатель» были определены институты: кибернетики, органической химии, математики, материаловедения и др. В практической работе шефская помощь осуществлялась в виде постоянных контактов сотрудников этих институтов с руководителями секций и учащимися МАН на зимних сессиях и летних лагерных сборах⁵⁰.

⁴⁹ Юный техник. 1967. № 10.

⁵⁰ Брагинский, И.И. Малая академия наук Крыма «Искатель» / И.И. Брагинский // Наука и молодёжь: Сборник материалов Российской открытой научно-практической конференции «Мотивационно-ценностные подходы привлечения молодёжи в науку» / Под. ред. Л.Ю. Ляшко. – Обнинск, 2004. – 194 с. – С. 30.

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

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

Введение Минпросом РСФСР в целях создания условий для углубленного изучения наук в школе факультативов по основам наук содействовало активизации деятельности школьных научных обществ. Другим фактором, способствовавшим росту количества кружков на базе школьных кабинетов физики, химии, математики и школьных мастерских в 1960–80-е годы, было ежегодное проведение Всероссийских олимпиад юных физиков, химиков, математиков, а также политехнических олимпиад. В школах 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 лоатора». 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 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) началась подготовка первого Всероссийского слета актива научных обществ, который состоялся в Москве в 1975 году. Тогда в стране действовало 318 научных обществ учащихся и малых академий наук.

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

В июле 1979 года в г. Челябинске состоялся Второй Всероссийский слет актива научных обществ учащихся. 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. В научных объединениях прошлого века школьники учились 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.

Обобщая 40-летний опыт работы МАН «Искатель», И.И. Брагинский, являвшийся одним из её создателей, отметил, что: «существует объективная потребность в создании внешкольных просветительских организаций, дополняющих учебную и воспитательную работу массовой школы; Малая Академия наук (научное общество учащихся) объединяющая творчески одарённых школьников с различными интересами в единой организации, представляется одной из наиболее эффективных форм внешкольных учреждений». И далее: «Интеграция в одну систему учащихся с различными склонностями и интересами поз-

воляет избежать ранней специализации, сохраняет интерес к общечеловеческим и гуманитарным ценностям». Участвуя в исследованиях в лабораториях вузов, НИИ, вычислительных центров, опытных станций, школьники попадают в «естественную форму организации работы», которая «способствует получению навыков в проведении наблюдений, обработки и анализа результатов, подготовки докладов, участию в дискуссиях, а также профориентации и закреплению интересов школьников»⁵¹.

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.

Выводы

Признание развивающих возможностей исследовательского метода обучения и попытки его внедрения в массовое образование, имевшие место в начале века, способствовали разработке форм организации учебной деятельности и образовательных методик и технологий проведения учебных исследований со школьниками.

1. Под влиянием новых целей и ценностей обучения исследовательский метод трансформируется на протяжении прошлого столетия в следующие педагогических системах.

Система *развивающего обучения Эльконина – Давыдова* разрабатывает вопросы организации учебной деятельности, в результате которой дети ставят и решают учебную задачу, раскрывая новый способ действий с изучаемым объектом. Учебную задачу от исследовательской отличает только отсутствие объективной новизны и специально организованная исходная ситуация, в которой гарантированно возникают именно те проблемы, что нужны для изучения данного материала, для формирования определенных способов действий.

Система *развивающего обучения Л.В. Занкова* целенаправленно формирует способность работать с исходным материалом: собирать, наблюдать, классифицировать, её можно рассматривать как начальный этап исследовательской работы.

⁵¹ Брагинский, И.И. Малая академия наук Крыма «Искатель» / И.И. Брагинский // Наука и молодёжь: Сборник материалов Российской открытой научно-практической конференции «Мотивационно-ценностные подходы привлечения молодёжи в науку» / Под. ред. Л.Ю. Ляшко. – Обнинск, 2004. – 194 с. – С. 38.

Школа диалога культур (Библер, Курганов) учит воспринимать и обрабатывать информацию в разных моделях – «разных логиках», формируя одно из важнейших качеств современного исследователя – гибкость и открытость мышления.

Французское педагогическое направление *«Новое образование»* (ЖФЭН) предлагает свою технологию – мастерские построения знаний – систему заданий, которые направляют работы детей в нужное русло, но внутри каждого задания школьники абсолютно свободны. Они каждый раз осуществляют выбор, выбор пути исследования, выбор средств для достижения цели, выбор темпа работы и т. д.

«ТРИЗ-педагогика» развивается, опираясь на Теорию Решения Изобретательских Задач – науку, изучающую общие закономерности развития систем и их применение для решения возникающих в различных системах изобретательских задач. Основы детской «поисковой» работы, заложенные еще в 70-е годы автором ТРИЗ Г.С. Альтшуллером, развиваются в наши дни. Сегодня существует ряд программ по курсу Развития Творческого Воображения (РТВ) и Теории Решения Изобретательских Задач (ТРИЗ) для начальной школы и среднего звена, где отдельно предусмотрено освоение необходимых для исследовательской деятельности приемов (М.С. Гафитулин, И.Л. Викентьев, А.А. Нестеренко, Н.В. Рубина).

2. Середина XX века – период распространения идеи *«проблемного обучения»*. Историческим аналогом этого подхода можно назвать концептуальные модели содержания образования Дж. Дьюи, Г. Кершенштейнера. Проблемное обучение – составная часть исследовательского обучения, и его выделение в значительной мере условно. Оно необходимо при профессиональном анализе, так как характеризует особую грань исследовательского обучения. Механизм проблемного обучения состоит в том, что педагог ставит перед ребёнком проблему и показывает на её примере образец научного познания, учащийся следит за логикой, усваивает новую информацию, теоретически осваивает способы её получения.

Теория и практика отечественного проблемного обучения строилась на том, что педагог подбирал проблему и стремился заинтересовать ею на уроке детей, стараясь сделать учебную проблему их собственной проблемой. Тематически проблема удерживалась в рамках одного предмета. Для решения проблемы часто требовалось проведение детьми наблюдений и экспериментов, однако они скорее были игрой в исследование, чем собственно творческим исследованием, так

как направлены в основном не на поиск новых знаний, а на создание противоречия между знаниями детей и фактическим положением дел, или на подтверждение того, что давно известно.

3. Исследовательские методы обучения наиболее активно развиваются в периоды демократических преобразований, что связано с запросом общества на свободную, творческую, самостоятельную и ответственную личность. Особенное внимание к проблемам исследовательского обучения в конце XX – начале XXI века связано, прежде всего, с высокой динамичностью развития современного мира. Желание современных педагогов максимально приблизить учебную деятельность ребёнка в школе к познавательной постепенно трансформируется из деклараций в потребность образовательной практики.

В настоящее время успешно начатая в начале прошлого века практика лабораторного метода используется во всём мире преимущественно в учебных заведениях для одарённых детей. При этом образовательные задачи решаются путём создания особой среды, в которой ребёнок находит стимулы для развития и самообучения. Основными принципами такого обучения являются опора на собственный опыт ребёнка, деятельное обучение, побуждение к наблюдению и экспериментированию, чередование индивидуальной и коллективной работы. На наш взгляд, выстроенная на новых основаниях, с использованием современных технических средств, возможностей дистанционного обучения, она может приобрести новый вид и продуктивно реализовываться в современном научном образовании школьников в сочетании с традиционными методами обучения.

4. Практика дополнительного научного образования школьников сохраняет сегодня преемственность в организационных формах с опытом исследовательской деятельности внешкольного образования второй половины XX века. Дополнительное научное образование традиционно ориентируется на науку как форму общественного сознания. Общая функция науки в таком контексте – быть основой целесообразной и полезной деятельности, что предполагает реализацию познавательных, культурно-воспитательных и практических задач. Непосредственные результаты научного образования заключаются в усвоении школьниками знаний о науке, понимании ее возможностей, а также в приобретении исследовательских умений. Гуманитарные ценности научного образования – красота научной идеи, радость открытия, сопричастность и научное вдохновение, формирующие личностную структуру ценностей, мотивы деятельности и поведения – образовательная практика не учитывает.

Вопросы организации исследовательской деятельности школьников



Исследования на уроках астрономии

А.Ф. Беленов

кандидат физ.-мат. наук, доцент ГОУ ДПО «Нижегородский институт развития образования», педагог ШОИ ИПФ РАН

«Откуда вам известно, что Земля вертится?» – задавая этот вопрос школьникам и студентам, чаще всего слышал ответы: «Это давно всем известно», «Ньютон доказал», «Мы же видим, как Солнце восходит и заходит».

Несмотря на прозрачность ответов, сам вопрос автору простым не кажется. Конечно, если сопоставить наблюдения видимых движений звезд и планет с законами механики Ньютона, то гипотеза движений всех светил вокруг Земли выглядит чересчур экзотичной. Но, проводя подобного рода *мысленные эксперименты*, не следует забывать об инструментальных способах проверки гипотез, предполагающих наблюдение явлений, фиксирование результатов с помощью измерительных приборов и последующие (подчас изнурительные) расчеты. Чтобы «проверить» предположение о вращении Земли, ученый-экспериментатор поступил бы следующим образом. Он оценил бы предполагаемые отклики измерительных приборов на движение Земли и сопоставил бы свои оценки с чувствительностью приборов. Иначе говоря, исследователю пришлось бы поставить и решить ряд задач-оценок.

Автор сделал попытку в рамках курса астрономии на базе научно-образовательного центра (НОЦ) при ИПФ РАН представить, как «добывались» научные знания по данному предмету. В то же время хотелось показать особенности эпохи, в которой происходило становление астрономических идей и представлений. Строгое изложение накопленного опыта, точное следование оригиналам привело бы к избыточному объему информации по сравнению с учебной программой. Поэтому задача, которую ставил перед собой автор, – «вдохнуть» в известные разделы курса физики астрономическое начало. В этом смысле оригинальные астрофизические модели представлены большей частью на качественном уровне. Не менее важным, был мотив «провокации» самостоятельной работы школьников с помощью вопросов, встроенных в сюжет повествования. Такая работа предполагает собственную постановку и решение элементарных задач-оценок с указанием области применимости (допущений) используемых приближений. Автор, работая в учебной аудитории, практикует прочтение тек-

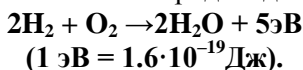
ста лекций – презентаций «с остановками» на вопросах, выделенных **жирным курсивом**. В каком-то смысле данное прочтение – это воспроизведение научного поиска, приводящего к новым знаниям.

Ниже приведен пример интерактивной лекции по теме:

Почему горят звезды?

Известный немецкий философ второй половины XVIII века Иммануил Кант, размышляя о причинах «горения» Солнца, писал: «Действительно, так как пламя, горящее над всей поверхностью Солнца, само отнимает у себя воздух, необходимый ему для горения, Солнцу грозит опасность совершенно потухнуть, когда будет поглощена большая часть его атмосферы». Давайте попытаемся проанализировать *гипотезу химического горения Солнца*.

Прежде всего, для горения нужен кислород, которого на Солнце по современным данным крайне мало. Если бы даже на Солнце было достаточно кислорода, то при элементарной реакции горения водорода выделилось бы 5 эВ на 4 атома кислорода и два атома водорода:



За 1 секунду Солнце излучает $4 \cdot 10^{26}$ Дж энергии. Зная массу протона $m_p = 1.7 \cdot 10^{-27}$ кг и массу Солнца $M_\odot = 2 \cdot 10^{30}$ кг, оцените время, за которое водород на Солнце полностью «сгорит».

Надеемся, вы доказали, что время жизни «химического Солнца» крайне мало по сравнению с данными (4,5 миллиарда лет), полученными *радиоизотопным методом*. Данный метод основан на исследовании процесса радиоактивного распада урана -238 (см., например, материалы «Возраст Земли» из Википедии – электронной энциклопедии <http://ru.wikipedia.org>).

Во второй половине XIX века немецкий врач Юлиус Майер, сформулировавший закон сохранения энергии, высказал предположение, что Солнце горит по причине абсолютно неупругих соударений с метеоритами. Давайте попытаемся оценить время жизни «ударного Солнца». Современная масса Солнца обеспечивает скорость падения «из бесконечности» порядка 600 км/с (то есть вторую космическую скорость). Тогда время жизни Солнца – это время, за которое наше светило существенно увеличивает свою массу (то есть, иными словами, – это время падения на Солнце вещества с массой порядка нынешней массы Солнца). С другой стороны – энергия, выделенная за это время, должна соответствовать известным данным о мощности излучения Солнца.

Оцените время жизни «ударного Солнца». Сопоставьте это время с данными о времени жизни Солнца, полученными радиоизотопным методом. Дополнительные данные: гравитационная постоянная $G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$; радиус Солнца – примерно $7 \cdot 10^5 \text{ км}$.

Немецкий физик и математик Герман Гельмгольц во второй половине XIX века предложил механизм горения Солнца, близкий к идее «падения» вещества. Если Солнце – не абсолютно жесткое, то под действием сил взаимного притяжения оно может сжиматься. При этом, согласно первому принципу термодинамики, работа сил гравитации должна увеличивать внутреннюю энергию солнечного вещества, то есть Солнце должно разогреваться! Если предположить, что работа сил гравитации полностью переходит в излучение, то запас энергии «гравитационного Солнца» можно оценить как GM_{\odot}^2/R_{\odot} , то есть как характерную величину потенциальной энергии сил гравитационного взаимодействия отдельных частей Солнца между собой.

Исходя из известной мощности излучения Солнца, оцените время жизни светила, исходя из гипотезы гравитационного сжатия. Соотнесите полученные оценки с «радиоизотопным» возрастом – 4.5 миллиарда лет.

В 20-х годах XX века было высказано предположение, что энергия в звездах может выделяться при слиянии атомных ядер (*термоядерные реакции*). В начале 40-х годов XX века были сделаны оценки энерговыделения для конкретных типов термоядерных реакций, а в 50-х годах XX века США и СССР продемонстрировали реальность гигантских энергий, реализуемых в ходе термоядерного синтеза: были испытаны первые водородные бомбы.

Оцените время жизни «термоядерного» Солнца, зная, что при синтезе гелия из четырех протонов выделяется энергия порядка $2.5 \cdot 10^6 \text{ эВ}$.

Давайте поинтересуемся условиями, при которых возможно подобное слияние ядер. Для того, чтобы ядерные силы «захватили» протоны (иными словами, чтобы эти силы превысили силы электростатического отталкивания протонов), необходимо сближение протонов на «ядерный масштаб» на 10^{-15} м .

Оцените температуры протонов, необходимые для начала термоядерных реакций.

Можно оценить «звездные температуры» и по-другому – исходя из условия равновесия Солнца. Если внутри Солнца гремят термоядерные взрывы, то почему наше светило не разлетается? Звезды, у которых

гигантские силы давления из-за протекания термоядерных реакций в ядре уравниваются силами гравитационного сжатия, принадлежа к звездам *главной последовательности*.

На выделенный внутри Солнца узкий цилиндр (от центра до внешней границы) действуют сила давления (выталкивающая сила) и сила притяжения к центру Солнца. Баланс этих двух сил обеспечивает равновесие цилиндра.

Оцените в данной модели температуру в центре Солнца. Средняя плотность солнечного вещества равна $1.4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Сопоставьте с предшествующими оценками температуры и выскажите предположения о причинах несовпадения температурных оценок.

Литература

1. Каплан С.А. Физика звезд. – М.: Мир, 1969.
2. Новиков Э.А. Планета загадок. 4-е изд. – Л.: Недра, 1986.
3. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Г. Астрономы. 2-е изд. – Киев, 1986.
4. Физика космоса. 2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986.
5. Цесевич В.П. Что и как наблюдать на небе. 5-е изд. – М.: Наука, 1979.
6. Зигель Ф.Ю. Сокровища звездного неба. 2-е изд. – М.: Наука, 1980.
7. Куликовский П.Г. Звездная астрономия. 2-е изд. – М.: Наука, 1985.
8. Дубошин Г.Н. Небесная механика. 2-е изд. – М.: Наука, 1968.
9. Михайлов А.А. Земля и ее вращение. – М.: Наука, 1984.
10. Шапиро С., Тьюколски С. Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды. – М.: Мир, 1985.
11. Патрик Мур. Астрономия с Патриком Муром. – Фаир-Пресс, 2001.
12. Звезды // Под ред. В.Г. Сурдина. – М.: Физматлит, 2008.
13. Шварцшильд М. Строение и эволюция звезд. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008.
14. Струве О., Зегерс В. Астрономия XX века. – М.: Мир, 1968.

Развитие познавательной активности учащихся в ходе реализации программы «Наблюдательная астрономия»

Т.Л. Пархоменко

учитель физики школы № 23, педагог ШЮИ ИПФ РАН

Проблеме формирования и развития познавательной активности у школьников посвящены исследовательские работы многих педагогов и психологов, таких как Л.С. Выготский, Д.Н. Богоявленский, Л.И. Божович, А.А. Вербицкий, П.И. Гальперин, В.В. Давыдов, В.С. Ильин и др.

Одним из действенных подходов к активизации познавательной активности учащихся, наряду с использованием других методов и средств, является включение в учебный процесс, кружковую работу и систему дополнительного образования элементов исследовательской работы учащихся.

Существует несколько подходов к определению понятия исследовательская работа. Наиболее распространено утверждение, что под исследовательской понимается деятельность, организуемая в процессе обучения, целью которой является развитие познавательного интереса за счет применения методов, основанных на деятельностном подходе. Учащийся в своем исследовании повторяет весь путь научного познания от постановки проблемы, выдвижения гипотезы, определения необходимой экспериментальной базы до проведения исследования, анализа результатов и рефлексии. В результате у обучаемых формируются конкретные знания, соответствующие умения и навыки по творческому применению знаний. В силу того, что исследовательская деятельность обладает способностью к пробуждению интереса не только к приобретению определенных знаний, но и к самостоятельному их получению, порождая у детей потребность в самообразовании и самосовершенствовании, ее можно рассматривать в качестве средства развития познавательной активности школьников.

Данной проблеме посвящены многие разработки, однако можно выделить ряд нерешенных проблем, а именно: практически не существует методических рекомендаций по организации и проведению исследовательских работ на уроках; не выработаны принципы создания обучающих программ, способствующих развитию познавательной активности, а также ряд других проблем. Если по многим предметам школьного курса создаются программы развития познавательной активности, то астрономия, при расширении практики «вымывания» ее

из перечня школьных предметов, оказывается в особом положении. При росте интереса к астрономии не только в нашей стране, но и в мире обучающих программ по астрономии, направленных на развитие исследовательских навыков школьников, явно недостаточно.

Значение астрономического образования в реализации программ развития естественнонаучного мировоззрения школьника трудно переоценить. Астрономия формирует представления учащегося о наиболее общих законах природы, вносит существенный вклад в систему знаний об окружающем мире, раскрывает роль науки в развитии общества, способствует формированию современного научного мировоззрения. Преподавание астрономии способствует совершенствованию межпредметных связей физики, математики, химии, биологии, истории, литературы. Ознакомление школьников с методами научного познания проводится при изучении всех разделов курса астрономии, однако особое внимание применению этих методов уделяется при изучении наблюдательной и практической астрономии.

Многочисленные олимпиады, конференции и конкурсы разного уровня требуют начинать астрономическое образование значительно раньше, то есть обучать детей овладению научным методом познания, позволяющим получать объективные знания об окружающем мире, даже с младшего школьного возраста.

Всё это подтолкнуло нас на создание авторской программы факультативного курса «Наблюдательная астрономия», научным консультантом которой стал член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник ИПФ РАН Владимир Владиленович Кочаровский.

В основу разработки программы курса «Наблюдательная астрономия» были положены следующие методологические подходы: деятельностный, системный, личностно-ориентированный, акмеологический. Целью курса является развитие творческого мышления учащихся, формирование научного мировоззрения, овладение научными методами познания природы.

Задачи изучения курса:

- *освоение знаний* об астрономических и физических явлениях; величинах, характеризующих эти явления; законах, которым они подчиняются; методах научного познания природы и формирование на этой основе представлений об астрономической картине мира;

- *овладение умениями* проводить наблюдения природных явлений, описывать и обобщать результаты наблюдений, использовать простые измерительные приборы для изучения астрономических яв-

лений; представлять в аудитории результаты наблюдений или измерений; применять полученные знания для объяснения разнообразных природных явлений и процессов; а также для решения простейших астрономических задач;

- *развитие* познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей, самостоятельности в приобретении новых знаний при решении астрономических задач и выполнении экспериментальных исследований с использованием астрономических приборов и информационных технологий;

- *воспитание* убежденности в возможности познания природы, в необходимости разумного использования достижений науки и технологий для дальнейшего развития человеческого общества;

- *применение полученных знаний и умений* для решения практических задач повседневной жизни, для обеспечения безопасности своей жизни.

Курс «Наблюдательная астрономия» структурируется на основе рассмотрения различных методов познания окружающего мира в порядке их усложнения. На первом году обучения учащиеся осваивают такие темы, как звездное небо, особенности движения звезд, Солнца, физические условия звезд. Изучение данных разделов проводится на уровне рассмотрения явлений природы, знакомства с основными законами сферической астрономии на доступном учащемуся среднего школьного возраста уровне и применением этих законов в повседневной жизни. Второй год обучения посвящен объектам Солнечной системы, ближнему космосу. На этом этапе обучения учащиеся выполняют практические задания, базирующиеся на освоенном математическом аппарате и технике работы с приборами. Программа «Наблюдательная астрономия» рассчитана на два года, при организации занятий продолжительностью 2 учебных часа один раз в неделю.

Наиболее важным преимуществом данного курса перед существующими является наличие практической части, предусматривающей проведение наблюдений астрономических явлений, изготовление учащимися простейших астрономических приборов, анализ и систематизация данных, полученных во время экспедиций. Данный подход не только обогащает курс, но и вызывает живой интерес учащегося, способствует становлению его позиции исследователя, развивает его познавательную активность.

Результаты работы учащихся оцениваются с учетом их активности, качества проведенных исследований, изготовленных приборов, уме-

ний решения задач, умений защиты проектов перед аудиторией, а также подготовленного ученического портфолио. Подготовленные учащимися работы заслушиваются на ученических конференциях и чтениях научного общества учащихся разного уровня.

При проведении занятий используются такие формы организации обучения, как лекция, семинары, практические занятия, самостоятельная работа учащихся (коллективная, групповая, индивидуальная), консультации. Учащиеся находят информацию для подготовки докладов и сообщений, готовят эксперимент, изготавливают необходимое оборудование.

При выполнении практических работ организуется исследовательская деятельность учащихся по экспериментальному установлению зависимостей между величинами. Учащиеся осуществляют все этапы исследовательской деятельности: постановку задачи, выдвижение гипотезы, организацию наблюдений, систематизацию наблюдений, выяснение особенностей решения данной задачи, планирование эксперимента, подбор измерительных приборов, сборку установки, наблюдения и измерения, обработку результатов математическими методами, определение погрешностей опыта, выработку эмпирических зависимостей, моделирование, осмысление и анализ результатов измерений, выводы. При этом, в зависимости от уровня владения учащимися исследовательским методом, уровень самостоятельности при выполнении экспериментов и характер помощи со стороны учителя могут быть различными.

Процесс подготовки образцов и продуктов учебно-познавательной деятельности обучаемых, а также соответствующих информационных материалов из внешних источников, предназначенных для последующего их анализа, всесторонней количественной и качественной оценки уровня обученности и дальнейшей коррекции процесса обучения предлагается оформлять в виде портфолио.

Целью, объединяющей все занятия курса, является применение активных методов обучения, поэтому рефлексия и анализ педагогической деятельности предусматривают выбор методов, стимулирующих познавательную деятельность учащихся, анализ эффективности применения данных методов в конкретной учебной деятельности, объем самостоятельной работы учащихся. Курс содержит перечень применяемого оборудования, а также доступных материалов, привлекаемых дополнительно.

В 2008–2009 учебном году курс «Наблюдательная астрономия» прошёл апробацию в ряде школ и учреждений дополнительного образования г. Нижнего Новгорода. В процессе его реализации отмечались психологические аспекты занятий, результативность обмена мнениями по проблемам, стоящим перед членами группы. В ходе проведенного мониторинга выявлено, что 82 % учащихся, занимающихся по данной программе, проводят осмысленные связи между содержанием курса и практикой, участвуют в содержательном обсуждении исследовательских проблем; 72 % учащихся стараются расширять и развивать обсуждение проблем, выносящихся на семинары; 48 % используют терминологию надлежащим образом; 36 % работ учащихся отражают глубокое понимание содержания и имеют развернутые примеры и сравнения.

Наиболее важно при изучении курса обращать внимание на практический выход занятий. В результате апробации данной программы было подготовлено около 40 исследовательских работ, более 20 учащихся стали участниками, призерами и победителями конференций и конкурсов районного, городского, областного, российского уровня.

Об особенностях экспериментальных исследований учащихся в рамках темы «Электрические токи в средах»

П.М. Савкин

учитель физики физико-математического лицея № 40,
педагог ШЮИ ИПФ РАН

Теме «Электрические токи в средах», несмотря на ее несомненную практическую ценность, даже в классах предпрофильной подготовки посвящено сравнительно малое число часов. Поэтому тем более важным представляется включение этой темы в лабораторный практикум.

В данной статье основное внимание уделено авторским разработкам школьного лабораторного практикума по данной теме. Возможно, данные разработки будут полезны и при обучении физике в высшей школе. Ниже приведен обзор этих лабораторных работ.

1. Исследование электропроводности неоновой лампы.

Данная тема встречается в лабораторном практикуме дважды: при изучении вольт – амперной характеристики неоновой лампы и при исследовании работы релаксационного генератора. При построении вольт – амперной характеристики обращается внимание учащихся на явление гистерезиса: «зажигание лампы» требует больших напряжений, чем «гашение». Подчеркивается важность этих свойств для понимания работы релаксационного генератора, а также для расчетов периода колебаний силы тока в данной автоколебательной системе. Должное внимание уделено процессам, происходящим в газе при изменении напряжения.

2. Исследование емкости варикапа.

Важным аспектом данной работы является то, что исследуется конденсатор с управляемой емкостью, обладающий проводящими свойствами. Поэтому традиционная методика баллистических измерений, основанная на заряде конденсатора и его последующем разряде на инерционный амперметр (гальванометр) здесь неприменима – конденсатор при ручной коммутации разряжается через проводящий р-п переход, да и малая ёмкость р-п перехода требует применять другие методы измерений. Схема, приведенная на рис. 1, поясняет методику исследований.

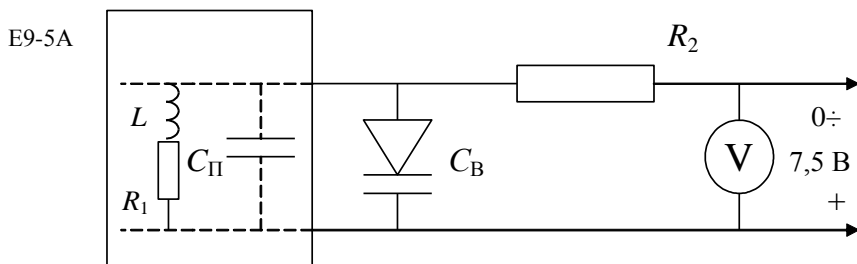


Рис. 1

Основная часть схемы – это колебательный контур, возбуждаемый прибором Е9-5А. Общая емкость конденсаторов $C_{\text{общ}} = C_{\text{п}} + C_{\text{в}}$, следовательно, $C_{\text{в}} = C_{\text{общ}} - C_{\text{п}}$ (здесь $C_{\text{п}}$ – емкость колебательного контура, $C_{\text{в}}$ – емкость варикапа).

На частоте 30 МГц (при данной частоте конденсатор не успевает разрядиться через р-п переход) для катушки L контура емкость, при которой колебательный контур настроен в резонанс, $C_{\text{общ}} = 82$ пФ.

Измерив напряжение на варикапе, находим значение $C_{\text{п}}$ на шкале «Емкость, пФ» прибора Е9-5А. Для этого, изменяя $C_{\text{п}}$ ручкой прибора «Емкость, пФ», добиваемся максимального показания на шкале « Q , ΔQ ».

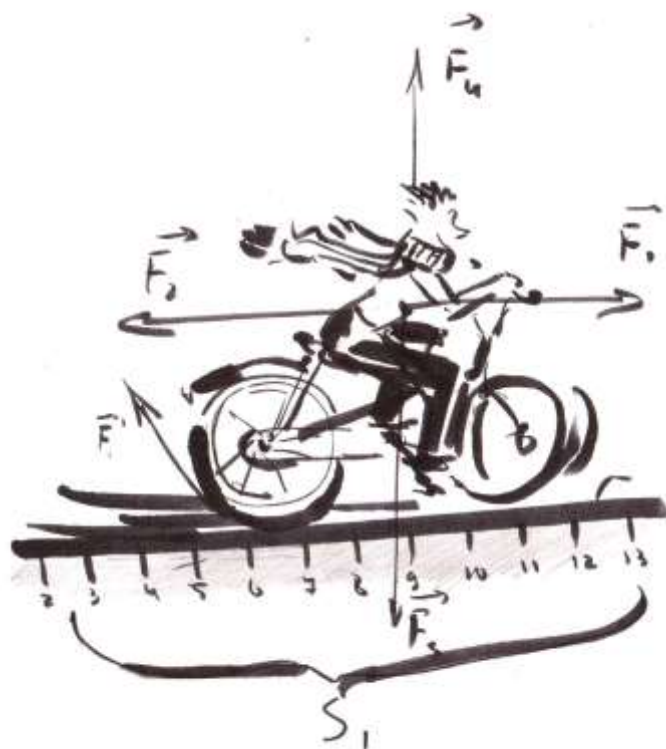
Главная цель работы – это построение графика зависимости емкости варикапа от постоянной составляющей напряжения. Обращается внимание на возможности использования варикапа для создания частотно-модулированных сигналов. Исследования свойств варикапа также помогают более подробно разобраться с процессами в р-п переходе.

Литература

1. Анциферов Л.И. Самодельные приборы для физического практикума в средней школе. – М.: Просвещение, 1985.
2. Буховцев Б.Б. Физика. 9 класс. – М.: Просвещение, 1998.
3. Виноградов Ю.В. Электронные приборы. – М.: Связь, 1977.
4. Изучение физики в школах и классах с углубленным изучением предмета. Методические рекомендации. Ч. II. – М., 1991.
5. Практикум по физике в средней школе / Дидактический материал / Под ред. А.А. Покровского. – М.: Просвещение, 1982.
6. Роуэлл Г., Герберт С. Физика. – М.: Просвещение, 1993.
7. Сквайрс Дж. Практическая физика. – М.: Мир, 1971.

8. *Соловьев В.А., Яхонтова В.Е.* Основы измерительной техники. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1980.
9. Физика. 10 клас / Под ред. А.А. Пинского. – М.: Просвещение, 1993.
10. *Шульц Ю.* Электроизмерительная техника. 1000 понятий для практиков. Справочник. – М.: Энергоиздат, 1989.
11. Элементарный учебник физики / Под ред. Г.С. Ландсберга. Т. II. – М.: Наука, 1971.
12. *Яворский Б.М., Пинский А.А.* Основы физики. Т. I. – М.: Наука, 1974.

Физика



Экспериментальное исследование колебаний крутильного маятника

Бумблите Мария

7 класс

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



Крутильный маятник представляет собой очень чувствительный прибор. Именно с помощью крутильного маятника изучается, например, гравитационное взаимодействие массивных тел в лаборатории и проверяется закон всемирного тяготения на субмиллиметровом масштабе. В 2005 году было опубликовано сообщение о создании крутильного маятника на одной молекуле – одностенной углеродной нанотрубке. Обычно крутильный маятник применяется в механических наручных часах. Колесико-балансир под действием пружины вращается то в одну, то в другую сторону. Его равномерные движения обеспечивают точность хода часов [1–3].

Крутильный маятник – это тело, подвешенное на тонкой нити. Под действием совсем небольших вращающих усилий тело на нити поворачивается на заметный угол, а если воздействие прекратится, тело начнёт периодически вращаться то в одну, то в другую сторону. Это позволяет физикам регистрировать сверхслабые воздействия: именно с помощью крутильного маятника изучаются такие слабые силы, как, например, гравитационное притяжение двух тел.

Прибор для изучения колебаний крутильного маятника (рис. 1) состоит из металлического диска, проволоки, штатива и проволоочного указателя. На металлическую проволоку подвешен металлический диск, нижний конец проволоки прикреплен к ушку диска. В металлический диск также вставлен проволоочный указатель угла поворота. Под диском на поверхности стола расположена шкала, отградуированная в градусах. Измерение периода колебаний осуществля-

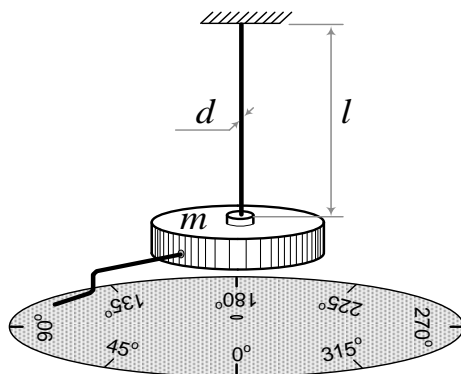


Рис. 1. Крутильный маятник

ется с помощью секундомера. В опыте использовались проволоки различного материала и длины; различные массы груза.

Крутильный маятник является достаточно сложной колебательной системой, в отличие от математического и пружинного маятника период колебаний крутильного маятника зависит от большого числа параметров системы. В данной работе на основе простой экспериментальной установки предполагается исследовать зависимость периода колебаний крутильного маятника от таких параметров системы, как длина проволоки, масса и расположение груза, диаметр проволоки.

Вначале было проверено и подтверждено предположение о независимости периода колебаний крутильного маятника от величины начального отклонения (линейность колебаний), что дает возможность не контролировать жестко начальное отклонение при многократных измерениях периода.

Для увеличения точности измерений производилось измерение времени T_n 10 колебаний маятника, период одного колебания определялся как $T = T_n / n$, где n – количество колебаний.

Для определения точности измерений периода 10 раз измеряли время одного колебания. Относительная точность измерения периода колебаний составила около 2 %.

В первом опыте мы исследовали зависимость периода колебаний от длины проволоки. Для этого была взята медная проволока начальной длиной 75 см, укорачивая её на 5 см каждый раз, мы измеряли период колебаний. Результаты измерений приведены на рис. 2, а.

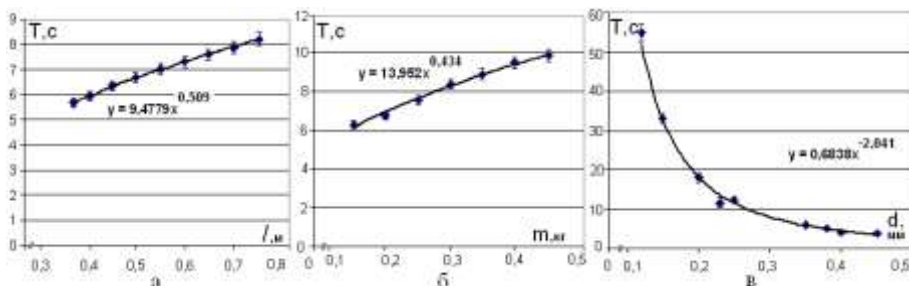


Рис. 2. Зависимость периода колебаний крутильного маятника: а – от длины проволоки, б – массы груза, в – диаметра проволоки

В следующем опыте исследовалась зависимость периода колебаний от массы груза. Для этого брали грузы одинаковой формы в виде

диска одного и того же диаметра массами 50 и 100 граммов. Результаты измерений приведены на рис. 2, б.

В третьем опыте мы исследовали зависимость периода колебаний от диаметра нити, для чего брали медные проволоки одинаковой длины, но разных диаметров от 0,12 до 0,45 мм. Диаметр проволоки был указан на катушках фирмой-изготовителем. Результаты измерений приведены на рис. 2, в.

На этих же рисунках приведены уравнения аппроксимации тренда, выполненные MS Excel степенными зависимостями. Анализ графиков рис. 2 и соответствующих степенных зависимостей трендов позволяет сделать вывод в пределах точности измерений о пропорциональности $T \cong \sqrt{l}$, $T \cong \sqrt{m}$ и о пропорциональности $T \cong 1/d^2$ при, соответственно, неизменных других параметрах. Из полученных зависимостей можно сделать вывод о пропорциональности периода колебаний крутильного маятника

$$T \cong \sqrt{ml/d^4},$$

что совпадает с теорией $T = 2\pi\sqrt{J/k}$, где J – момент инерции груза, который зависит от массы груза и его расположения относительно оси вращения, например для малых грузов, размещённых на расстоянии R от оси вращения, $J = mR^2$, k – коэффициент жесткости подвеса, для проволоки он равен $k = \frac{\pi G}{32} \cdot \frac{d^4}{l}$, где G характеризует свойства материала, из которого сделана проволока [4].

В заключительных опытах мы убедились, что период колебаний определяется свойствами материала, из которого сделана проволока. Мы взяли две одинаковой длины и диаметра проволоки: медную и никромовую, при этом периоды колебаний таких маятников были разными. Кроме того, на величину периода колебаний сильно влияет расположение грузов на подвесе. Были проведены опыты с разными видами грузов одинаковой массы 100 г (рис. 3). При этом периоды колебаний разных грузов довольно значительно различались.

Таким образом, крутильный маятник, несмотря на свою внешнюю простоту, является сложной колебательной системой; период колебаний крутильного маятника зависит от большого числа параметров системы: длины проволоки (подвеса), её диаметра и свойств материала, из которого изготовлена проволока, массы груза и его расположения относительно оси вращения. Ряд зависимостей были экспериментально

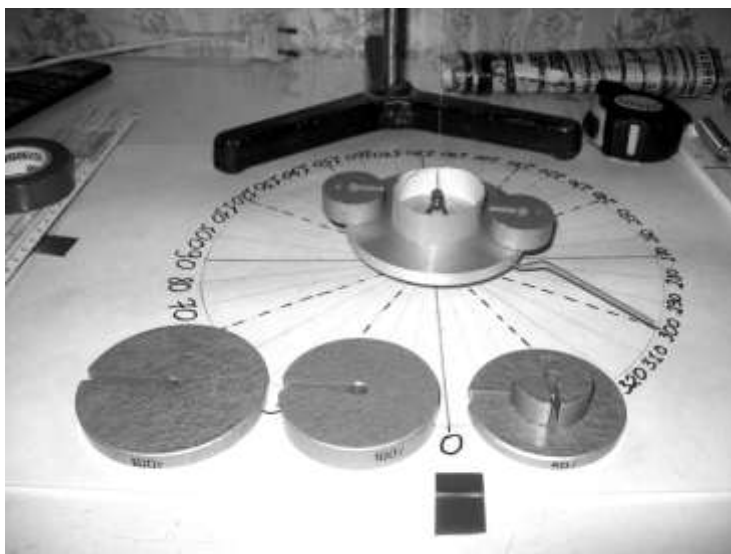


Рис. 3. Опыт с разными видами грузов одинаковой массы

исследованы в работе. Следует отметить, что простота конструкции крутильного маятника и удобство измерения периода его колебаний легко позволяют использовать его для изучения и других закономерностей колебательных движений, например, для изучения затухающих колебаний [5].

Литература

1. *Мякишев Г.Я.* Физика. 10 класс. – М.: Просвещение, 2007.
2. *Митрофанов В.В.* Не проходите мимо. Режим доступа: www.metodolog.ru.
3. Крутильный маятник. Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>.
4. Физика твёрдых тел: Лабораторный практикум. В 2 т. / Под ред. проф. А.Ф. Хохлова. Том II. Физические свойства твердых тел. – Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2000.
5. *Майер В.В., Майер Р.В.* Свободные колебания крутильного маятника // Учебная физика, 1997. С. 64–66.

Исследование тлеющего разряда

Глявина Мария

8 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко



Работа посвящена исследованию тлеющего газового разряда при пониженном атмосферном давлении. Применение спектрального метода исследования позволило объяснить характер излучения, его цветовые характеристики, а также особенности квантовых переходов в атоме. Для получения спектров разряда с датчика спектрофотометра снимались показания в четырех последовательных положениях вдоль разрядной трубки. Результаты работы весьма полезны для понимания процессов, происходящих в низкотемпературной плазме.

Плазма (частично ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически равны) – часто встречающееся состояние вещества во Вселенной. При тлеющем разряде образуется низкотемпературная плазма. Газоразрядная плазма широко используется в различных источниках света, в газовых лазерах, для сварки, резки, плавки и других видов обработки металлов. В ИПФ РАН исследуется физика газового разряда и создаются новые приложения (например, напыление алмазных пленок, генерация пучков многозарядных ионов).

Представляется интересным получить газовый тлеющий разряд в воздухе и газонаполненных трубках в лабораторных условиях; изучить влияние на него магнитного поля постоянного магнита; применить спектральный анализ для тлеющего разряда; сделать выводы о механизме излучения атома.

Газовый разряд наблюдается при протекании электрического тока в ионизированных газах. Носителями зарядов в этом случае являются положительные ионы и электроны. Для возникновения тлеющего разряда нужны следующие условия: наличие высокого напряжения, необходимого для разгона частиц до энергии, достаточной для ионизации, и оптимального давления газа, при котором длина свободного пробега достаточна для набора частицей энергии, необходимой для ионизации, и частота столкновений частиц не слишком мала.

Для получения газового разряда собираем экспериментальную установку (рис. 1), состоящую из источника высокого напряжения

РАЗРЯД, который питается от источника постоянного напряжения 12 В, и присоединенной к ней стеклянной трубки, заполненной воздухом при атмосферном давлении. Напряжение на трубку подается 5 или 25 кВ. При атмосферном давлении свечения, а значит, и условий для протекания электрического тока нет.



Рис. 1. Экспериментальная установка

Откачивая воздух с помощью насоса Комовского, замечаем появление тонкого шнура малинового цвета вдоль трубки, вид которого меняется со временем. Возле катода наблюдается темное пространство, которое называется фарадеевым. Далее исследуем влияние магнитного поля постоянного магнита на тлеющий разряд. При проведении многочисленных опытов мы убедились, что плазма следует за магнитом.

Для изучения характера излучения применим спектральный анализ. Спектры отдельных химических элементов имеют дискретный характер, так как каждый элемент дает свой набор частот излучения либо поглощения. Набор частот зависит от энергетических переходов в атоме. Частота излучения определяется разностью энергии начального и конечного состояний атома

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}.$$

Для анализа спектра использовался спектрофотометр (рис. 2). Он состоит из 1023 фотоэлементов, каждый из которых настроен на определенную длину волны. Если излучение данной длины волны присутствует, фотоэлемент пропускает ток, на спектре появляется отброс, величина которого зависит от величины электрического тока фотоэлемента.

Лазерная указка, имеющая излучение одной длины волны, дает одну линию в спектре, соответствующую красному свету (рис. 3).

Помещая в установку трубки, заполненные разными газами, получаем различные линии, положение которых зависит от того, какой газ излучает.



Рис. 2. Снятие спектра с лазерной указки

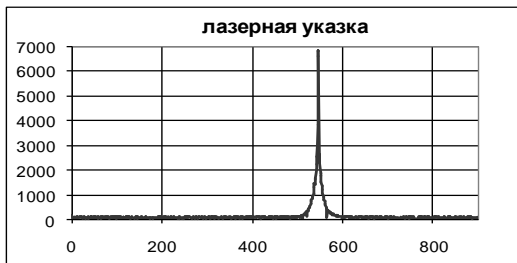


Рис. 3. Спектр лазерной указки

Из графиков (рис. 4) видим, что у каждого химического элемента имеется свой набор излучаемых частот. Для уточнения набора частот на диаграммах гелия и криптона убраны шумы.

Теперь данный метод применим к трубке, заполненной воздухом. Результаты спектрального анализа излучения тлеющего разряда на разных расстояниях от катода (в непосредственной близости от катода, в районе темного пространства, на расстоянии 9 см от катода при общей длине трубки 40 см, и у анода) представлены в таблице.

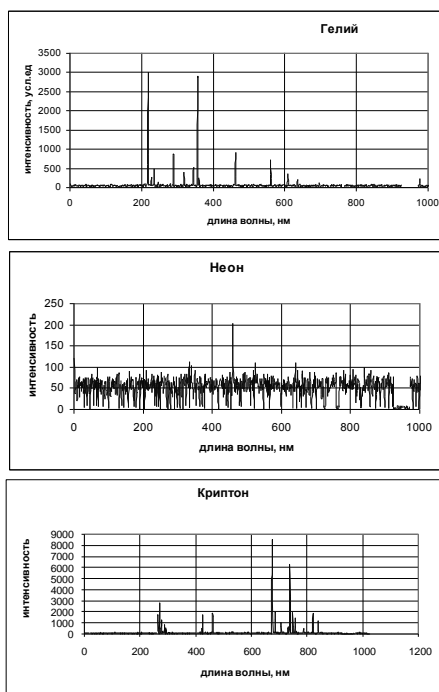


Рис. 4. Спектры гелия, неона, криптона

Таблица 1. Спектральный анализ излучения тлеющего разряда
на разных расстояниях от катода

Положение датчика	Интенсивность, в усл. ед.	Длина волны, мкм	Частота, 10^{14} Гц	ΔE , 10^{-20} Дж
Анод	188	0,3382	8,87	58,7726
	170	0,2144	13,99	92,6977
	153	0,3390	8,85	58,6401
	153	0,3579	8,38	55,5258
Катод	236	0,3390	8,85	58,6401
	206	0,3579	8,38	55,5258
	185	0,3374	8,89	58,9051
	159	0,3802	7,89	52,2791
На расстоянии 5 см от катода	231	0,3802	7,89	52,2791
	220	0,3916	7,66	50,7552
	168	0,3579	8,38	55,5258
	165	0,3908	7,68	50,8877
	154	0,3374	8,89	58,9051
На расстоянии 9 см от катода	210	0,3382	8,87	58,7726
	170	0,2144	13,99	92,6977
	160	0,3390	8,85	58,6401

В таблице показаны результаты расчетов энергетических переходов в спектрах, полученных вдоль трубки. Излучение на частотах $8,87 \cdot 10^{14}$ Гц и $13,99 \cdot 10^{14}$ Гц отсутствует вблизи катода, так как электроны пока только разгоняются электрическим полем. На частоте $8,87 \cdot 10^{14}$ Гц падает интенсивность излучения от расстояния 5 см от катода вплоть до конца трубки, анода. Такие переходы происходят по всей трубке, кроме прикатодного пространства.

На частотах $8,38 \cdot 10^{14}$ Гц и $8,85 \cdot 10^{14}$ Гц присутствует излучение (переходы электронов в атоме) по всей длине трубки, от катода до анода. Это означает, что в возбужденном атоме «разрешены» переходы электронов между соответствующими энергетическими уровнями. Переходы электронов между энергетическими уровнями в $58,9051 \cdot 10^{-20}$ Дж происходят только в областях вблизи катода. Уменьшение интенсивности излучения более чем в 1,5 раза, выражающееся в снижении количества электронных переходов в атоме, имеет место вдоль всей трубки.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы: свечение газоразрядной плазмы определяется излучени-

ем возбужденных атомов; атомные переходы во всех областях разряда происходят между одними и теми же уровнями, поскольку максимальная интенсивность спектра соответствует одной и той же длине волны; интенсивность свечения нарастает от катода к аноду; по спектру излучения можно определить состав газа в газоразрядной трубке.

Моя работа показала, что роль спектральных исследований в изучении поведения низкотемпературной плазмы, строения атома и механизма разрядов в газах чрезвычайно высока.

Литература

1. *Энгель А., Штенбек М.* Физика и техника электрического разряда в газах [пер. с нем.]. Т. 1–2. – М. – Л., 1935–1936.
2. *Грановский В.Л.* Электрический ток в газе. Установившийся ток. – М., 1971.
3. *Капцов Н.А.* Электроника, 2 изд. – М., 1956.
4. *Мик Дж. М., Крэгс Дж.* Электрический пробой в газах, пер. с англ. – М., 1960.
5. *Браун С.* Элементарные процессы в плазме газового разряда [пер. с англ.]. – М., 1961.
6. Физика и техника низкотемпературной плазмы // Под ред. С.В. Дресви-на. – М., 1972.
7. *Райзер Ю. П.* Лазерная искра и распространение разрядов – М., 1974.
8. *Мак-Ивен М., Филлипс Л.* Химия атмосферы. – М., 1978.
9. <http://www.e-spark.info/demo3.htm>
10. <http://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/077/569.htm>



Задача об остывании чашки кофе

Громов Дмитрий

9 класс

Научный руководитель М.А. Балакин

В данной работе представлен и рассмотрен способ компьютерного моделирования реальных физических задач. Оценена его практическая эффективность. Представлены конкретные способы и методы его усовершенствования.

В современном мире для имитации различных процессов используют компьютерные технологии. Учёные-физики рассчитывают наиболее вероятные результаты эксперимента, как в случае с Большим адронным коллайдером. Но почему же тогда уже просчитанные эксперименты всё-таки проводятся? Дело в том, что учесть абсолютно все факторы, влияющие на исход опыта при предварительных расчётах не реально. Именно по этой причине в данной работе рассмотрен вариант компьютерного моделирования реального физического эксперимента. Целью работы является определение коэффициента теплопроводности сосуда по подобранному с помощью составленной программы «коэффициенту остывания».

Теплопроводностью называется явление передачи тепла от одной части тела к другой. Природа переноса тепла от жидкости к окружающему пространству сложна и включает в себя механизмы конвекции, излучения, испарения и теплопроводности. В том случае, когда разность температур между объектом и окружающей средой не очень велика, скорость изменения температуры объекта можно считать пропорциональной этой разности температур. На основании этого утверждения была поставлена компьютерная задача.

Сутью опыта является получение зависимости понижения температуры сосуда от времени остывания и вычисление коэффициента остывания. При постановке эксперимента была ликвидирована возможность остывания жидкости, минуя сосуд, то есть система была приближена к тому, чтобы максимальную часть тепла передавать с помощью теплопроводности. Нами были рассмотрены 2 разных ситуации: один тип калориметра с разными массами воды и одна масса воды для разных типов сосудов. Сутью опыта является отслеживание остывания

воды в сосуде от времени. По полученным зависимостям были построены графики (рис. 1–2).

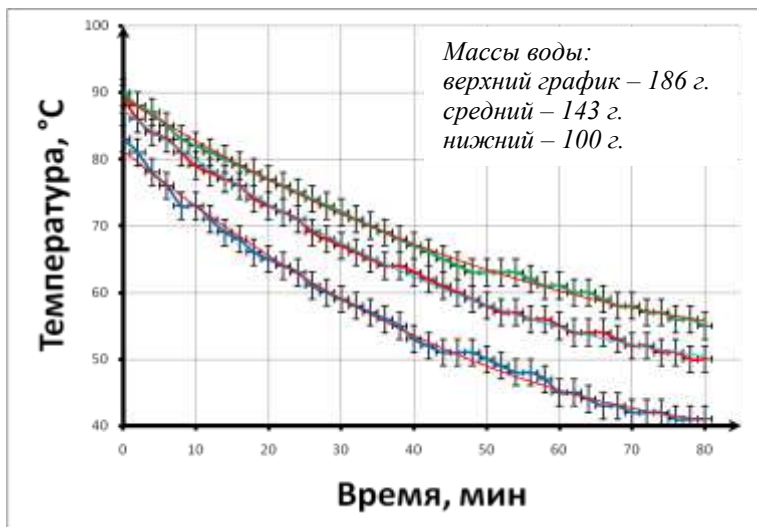


Рис. 1. График зависимости температуры воды разных масс в стандартном калориметре

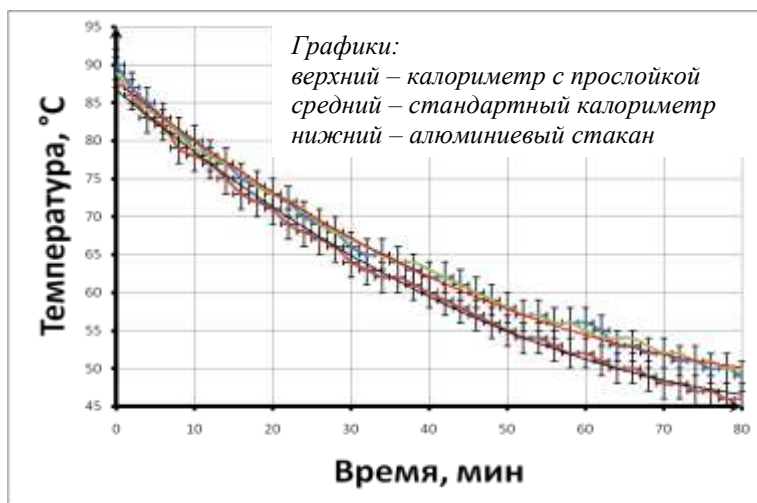


Рис. 2. График зависимости температуры воды массой 143 г в различных сосудах

Следующим этапом работы являлось написание программы на языке программирования Turbo Pascal, моделирующей ранее поставленный опыт, а точнее процесс теплопроводности. Написанная программа на основе полученных в ходе натурального эксперимента результатов помогала подобрать коэффициент остывания сосуда. Принцип работы программы такой: зная максимальную температуру жидкости (то есть в начальный для эксперимента момент времени) и время строится теоретический график остывания, а по массиву экспериментальных данных строится еще один график. Эти графики совмещаются путем подбора «коэффициента остывания».

По подобранному коэффициенту остывания с помощью закона теплопроводности Фурье и данным о конфигурации сосуда был вычислен коэффициент теплопроводности. Этот коэффициент отличался от коэффициента теплопроводности алюминия в разы, и был сделан вывод, что на самом деле определен с очень хорошей точностью коэффициент теплопроводности воды.

В ходе данной работе была практически подтверждена возможность и целесообразность применения методов математического моделирования для описания реальных ситуаций. Указаны конкретные недочёты и способы борьбы с ними. Указаны границы применения конкретной программы, составленной автором. Дальнейшее развитие работы видится в корректировке работы программы.

Таблица 1. Коэффициент теплопроводности для различных сосудов

Калориметр	Масса, г	Коэффициент остывания, 1/с	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м*К)
Стандартный	100	0,017	0,56
	143	0,013	0,61
	186	0,010	0,61
Алюминиевый стакан	143	0,015	0,70
Стандартный с прослойкой бумаги	143	0,012	0,56

Литература

1. Гулд Х., Тобочник Я. Компьютерное моделирование в физике. Ч. I. – М.: Мир, 1990. – 352 с.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука, 1982. – 432 с.

Жидкие линзы

Калынова Елизавета

8 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко



В данной работе были рассмотрены варианты получения жидких линз в условиях школьной лаборатории; рассмотрены варианты применения жидких линз в простых оптических системах. В результате проделанной работы показано, что качество изображения, полученного при помощи жидкой и стеклянной линз, идентично. В работе разработан метод определения показателя преломления жидких сред.

В последнее время благодаря развитию новейших технологий появилась возможность использования в оптике жидких линз. Некоторые из жидких линз можно встретить в природе, например капля на плоской прозрачной поверхности. Искривляется также поверхность границы раздела двух несмешивающихся жидкостей. Одной из наиболее распространенных жидких линз является хрусталик человеческого глаза. Он меняет свою форму, поэтому способен фокусировать наш взгляд на дистанции от нескольких сантиметров до бесконечности. Современные оптические устройства пока не могут похвастаться такой же надежностью и универсальностью. Поэтому мы определили цель данной работы – проведение экспериментов по созданию и исследованию жидких линз.

При выполнении работы применялись законы геометрической оптики и теория тонкой линзы.

Первая созданная и исследованная нами жидкая линза – капля прозрачной жидкости на горизонтальной плоской прозрачной поверхности. Были получены капельные линзы из воды, глицерина и касторового масла. Получены изображения с помощью таких линз. Проведено наблюдение за поведением капельных линз на гидрофобной и гидрофильной поверхностях. На гидрофобной поверхности получали более стабильную линзу – она не расплывалась по поверхности во время наблюдения, а радиус кривизны можно было изменять в некоторых пределах, изменяя количество жидкости. У капли на гидрофильной

поверхности за время наблюдения радиус кривизны заметно увеличивался, поскольку капля стремилась растечься.

Простейшая жидкая линзовая оптическая система получается при использовании двух несмешивающихся жидкостей в узком цилиндрическом сосуде. Сначала в сосуд наливалась вода. Поверх воды добавлялось касторовое масло. Жидкости по-разному смачивают стенки стеклянного сосуда, за счёт чего получаем кривую (близкую к сферической) форму границы раздела двух жидкостей и кривую границу касторового масла с воздухом. Параметры такой линзовой системы зависят от радиуса сосуда и количества касторового масла.

Следующий способ создания жидкой оптической системы основан также на применении двух несмешивающихся жидкостей разной плотности, но при отсутствии влияния на линзы стенок сосуда. В широкий цилиндрический сосуд с плоским прозрачным дном наливалась вода с некоторым количеством этилового спирта, затем на поверхность этой жидкости капали оливковое масло. Изменяя концентрацию спирта в воде, получали масляную линзу с разной кривизной поверхности (рис. 1). Измеряя фокусное расстояние такой линзовой системы, мы наблюдали изменение фокусного расстояния от бесконечности до 4 см.

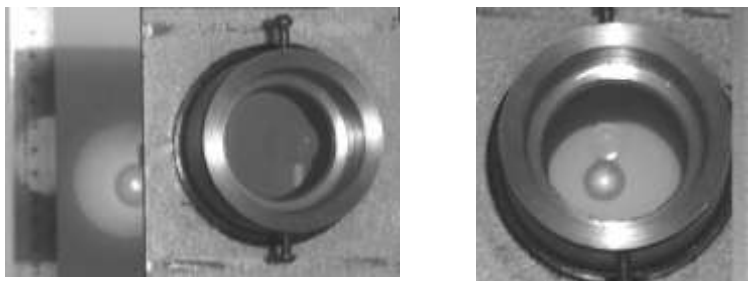


Рис. 1. Изображение спирали лампочки накаливания, полученное для разных значений концентрации спирта в воде

Другой способ получить жидкую линзу – налить жидкость в тонкостенный прозрачный сосуд сферической формы. В этом случае, благодаря форме сосуда и силе тяжести, получается плосковыпуклая линза. Количество жидкости бралось таким образом, чтобы толщина линзы была заметно меньше радиуса сферического сегмента. В нашем случае толщина линзы была в 4,5 раза меньше радиуса кривизны.

Такую линзу мы использовали для определения коэффициента преломления света в воде, глицерине, этиловом спирте, силиконовом масле ПМС-10 и оливковом масле (рис. 2). В качестве предмета, изображение которого получали на экране, использовалась раскалённая спираль лампочки накаливания. Полученные значения коэффициентов преломления для исследуемых жидкостей хорошо совпали со значениями, приводимыми в справочной литературе.

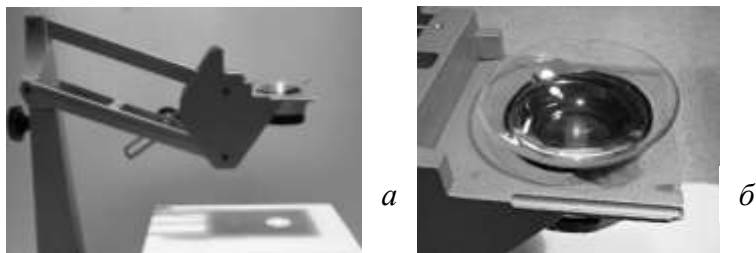


Рис. 2. Установка для измерения коэффициента преломления жидкости (а); жидкая линза в сферическом сосуде (б)

Таблица 1. Результаты измерения коэффициентов преломления исследуемых жидкостей

Жидкость	n (с учётом стекла)	n (справочное, жёлтый свет)
Вода	1.33 ± 0.03	1.33
Глицерин	1.46 ± 0.03	1.47
ПМС-10	1.40 ± 0.03	1.40
Оливковое масло	1.47 ± 0.03	1.46
Спирт этиловый	1.36 ± 0.03	1.36

По публикациям в интернете был изучен ещё один способ изменения фокусного расстояния жидкой линзы – с помощью электрического поля. В лабораторных условиях реализовать его не удалось, так как он требует специального оборудования. Этот способ заключается в изменении степени смачиваемости поверхности сосуда электрическим полем (явление электросмачивания). В сосуд – капилляр с прозрачными торцами помещают две капли несмешивающихся жидкостей с разными коэффициентами преломления, одна из которых является электропроводной. Изначально поверхность капилляра по отношению к про-

водящей жидкости является гидрофобной. При наложении электрического поля меняется степень гидрофобности поверхности, которую можно изменять в широких пределах. При этом изменяется радиус кривизны границы жидкостей, а с ним изменяется фокусное расстояние всей жидкой линзовой системы.

В результате проделанной работы можно сделать следующие выводы:

1. На формирование жидкой линзы влияют сила тяжести и сила поверхностного натяжения, поэтому для получения жидкой линзы нужно использовать малые, капельные, объемы жидкости, чтобы обеспечить необходимый баланс между этими силами.
2. Управлять фокусным расстоянием жидкой линзы в больших пределах можно, изменяя поверхностное натяжение жидкости, регулируя степень смачиваемости контактной поверхности.
3. При отсутствии твердой контактной поверхности параметрами жидкой линзы можно управлять в широком диапазоне, изменяя физические характеристики более плотной жидкости. Но при этом возникают проблемы фиксации местоположения жидкой линзы и скорости управления параметрами.
4. Жидкая линза с фиксированными толщиной и радиусом кривизны может успешно использоваться для определения коэффициента преломления жидкостей.
5. Использование явления электросмачивания позволяет изменять фокусное расстояние жидкой линзы в широких пределах за время порядка 10 мс.

В заключение хочу отметить, что использование жидких линз способно изменить представление о том, каким может быть оптический прибор и способ создания изображения.

Литература

1. Элементарный учебник физики / Под ред. ак. Ландсберга. – М.: Физматлит, 2006.
2. *Фриш С.Э., Тиморева А.В.* Курс общей физики. Т. 3. – С-Петербург – Москва – Краснодар: Лань, 2006.
3. Энциклопедия для детей. Т. 2. Физика. – М.: Аванта, 2005.
4. Таблицы физических величин. Справочник / Под ред. И.К. Кикоина. – М.: Атомиздат, 1976.
5. *Сквайрс Дж.* Практическая физика. – М.: Мир, 1971.

Опыты с неоновой лампочкой

Коновалов Даниил

7 класс

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



В условиях глобального потепления важно использовать экономные источники освещения, таким является неоновая лампа. В работе приведены исследования генератора релаксационных колебаний и неоновой лампы.

В повседневной жизни мы нередко сталкиваемся с неоновыми лампами. Они окружают нас повсюду – на рекламных щитах, декоративных вывесках и гирляндах. Как известно, неоновые лампы относятся к семейству газосветных ламп. Сейчас во многих странах ограничивают использование ламп накаливания. Их заменяют газосветными лампами, что делает задачу изучения их свойств актуальной.

Неоновая лампа – это стеклянный баллон, заполненный неоном под давлением примерно в 1 мм ртутного столба, в который впаяны два электрода – один в виде пластинки, другой в виде проволоочки. При некотором достаточно небольшом напряжении (60–80 В) в лампе зажигается тлеющий разряд, причиной возникновения которого являются свободные электроны, всегда имеющиеся в газе в ничтожном количестве благодаря случайным источникам ионизации [1, 2].

Важным свойством неоновой лампочки является возможность поддержания тлеющего разряда при напряжении, несколько меньшем, чем напряжение зажигания U_z разряда. Напряжение U_z , при котором тлеющий разряд прекращается, называется напряжением гашения. При этом, когда тлеющего разряда в неоновой лампочке нет, её сопротивление очень велико и ток через неё практически не течёт, а в случае возникновения разряда сопротивление резко уменьшается и ток через лампочку сильно увеличивается. Данные свойства неоновой лампочки позволяют не только использовать её как источник подсветки или индикатор напряжения в различных электронных схемах, но и создавать простейшие генераторы колебаний, основанные на заряде-разряде ёмкости конденсатора – так называемые релаксационные генераторы [1–3].

Цель данной работы – исследование зависимости периода колебаний простого релаксационного генератора, использующего свойства

неоновой лампочки, от величины ёмкости и сопротивления в схеме генератора, а также от величины входного напряжения (напряжения питания) генератора.

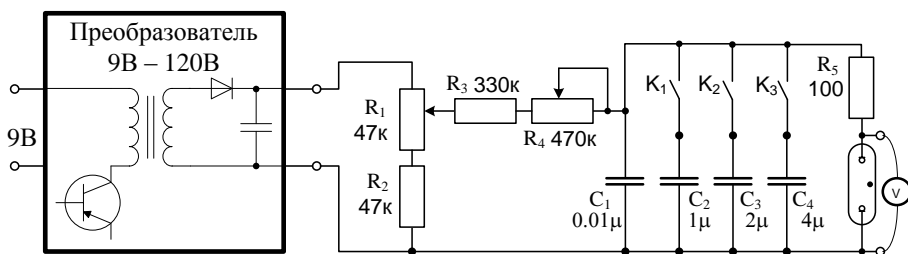


Рис. 1. Схема генератора релаксационных колебаний

Генератор был изготовлен на основе общей схемы, которая была заимствована в литературе [1, 3], немного доработана, в частности из соображений безопасности дополнена преобразователем напряжения от батареек. Питание генератора осуществлялось через преобразователь, который повышал напряжение 9 В от батареек или низковольтного блока питания до величины примерно 120 В, превышающей напряжение зажигания неоновой лампочки.

Схема генератора релаксационных колебаний на неоновой лампочке ТН-0,2-2, использованного в экспериментах, приведена на рисунке 1. Резисторы R_1 и R_2 образуют делитель напряжения, а с помощью переменного резистора R_1 можно плавно регулировать величину входного напряжения U_0 генератора колебаний. Величины сопротивлений R_3 , R_4 и ёмкостей конденсаторов $C_2 - C_5$, подключаемых ключами $K_1 - K_3$, выбраны так, чтобы минимальный период колебаний был не менее 0,5 с для удобства их визуального наблюдения и подсчёта. Конденсатор C_1 имеет существенно меньшую ёмкость, чем другие конденсаторы, и можно считать, что он не влияет на результаты измерений при любом из замкнутых ключей $K_1 - K_3$. Этот конденсатор подключается только для визуального наблюдения колебаний с помощью осциллографа (рис. 2, а). Резистор R_5 также практически не влияет на работу генератора, он используется для ограничения тока лампочки в момент возникновения тлеющего разряда, что немного удлиняет время вспышки лампочки и улучшает условия её наблюдения. Измерение постоянных напряжений проводились с помощью цифро-

вого мультиметра UT70A с внутренним сопротивлением 10 МОм и точностью измерений 0,5%.

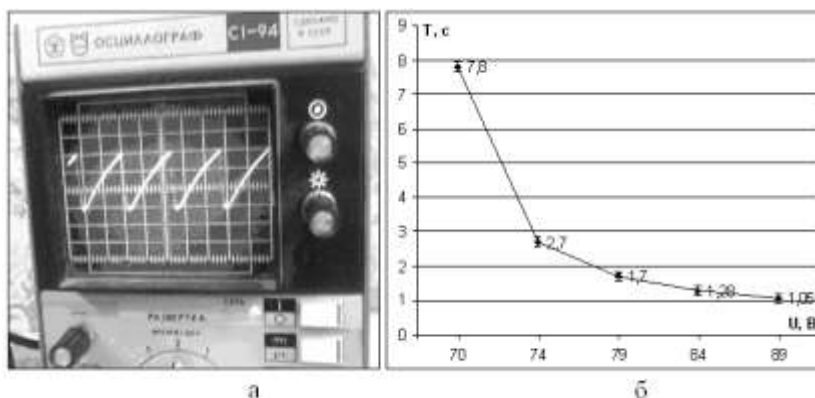


Рис. 2. Вид релаксационных колебаний на осциллографе (а) и зависимость периода колебаний от величины входного напряжения (б)

В ходе эксперимента были измерены напряжения зажигания и гашения неоновой лампы: $U_3 = 70,5$ В, $U_2 = 66,5$ В.

Исследование формы колебаний с помощью осциллографа (рис. 2, а) с делителем напряжения показывает, что их амплитуда (размах) равна 3,8 В, что (с учётом влияния сопротивления делителя напряжения и внутреннего сопротивления осциллографа) соответствует разности напряжений зажигания и гашения неоновой лампочки $\Delta U = U_3 - U_2$. Данное исследование подтверждает, что колебания в генераторе на неоновой лампочке являются колебаниями напряжения на конденсаторе при его медленном заряде от напряжения U_2 до U_3 через сопротивление $R = R_3 + R_4$, пока не зажётся тлеющий разряд, и быстром разряде от напряжения U_3 до U_2 через малое сопротивление области тлеющего разряда – в этот момент в лампочке наблюдается короткая, но достаточно яркая вспышка.

Дальнейшие исследования были связаны с измерением периода колебаний в зависимости от входного напряжения U_0 (рис. 2, б) при неизменных других параметрах, а также в зависимости от изменения сопротивления или ёмкости конденсатора при постоянном входном напряжении $U_0 = 80$ В. Для увеличения точности измерений производилось измерение времени T_n 50 колебаний (при малых значениях периода) или 25 колебаний (при больших периодах) при каждом значе-

нии ёмкости и нескольких значений сопротивления ($R_3 + R_4$). Таким образом, период одного колебания определялся как

$$T = T_n / n,$$

где n – количество колебаний.

Отдельно был проведен эксперимент по определению точности измерений периода, для чего 8 раз измерялся период колебаний при следующих параметрах $C = 1$ мкФ и $R = 630$ кОм. Относительная точность измерений периода, рассчитанная с учетом рекомендаций, приведённых в [4] для прямых измерений, составила

$$\varepsilon = \frac{t_{0,95,7} \cdot \Delta T}{\langle T \rangle} \cdot 100\% \approx 12\%,$$

где $\langle T \rangle$ – средний период за 8 измерений, $t_{0,95,7} = 2,365$ – коэффициент Стьюдента.

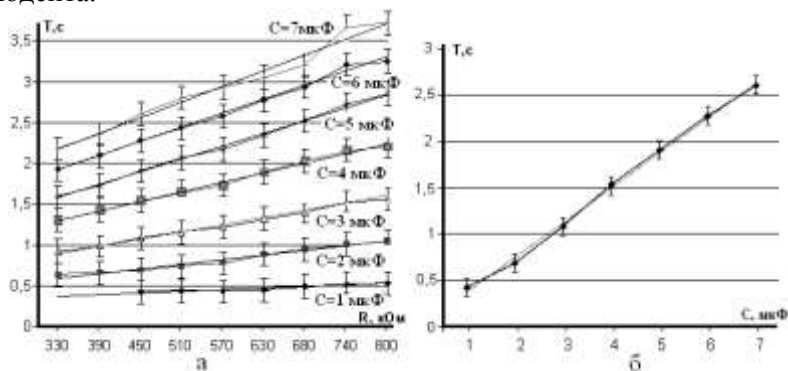


Рис. 3. Экспериментальные зависимости периода колебаний от величины сопротивления (*a*) и от величины ёмкости (*б*)

Можно полагать, что при измерении более длинных периодов точность не будет хуже. Однако при сравнении результатов экспериментальных измерений с теоретическими расчётами следует учитывать ещё и точность определения величин сопротивления (10 % плюс точность позиционирования переменного резистора) и ёмкости конденсаторов (10 %). Так что полная относительная точность измерений будет не менее 32 %.

На рис. 3, *a* приведены результаты измерения периода колебаний в зависимости от величины сопротивления $R = R_3 + R_4$ при различных постоянных значениях ёмкости конденсатора. Заметим, что набор из 3-х конденсаторов, подключаемых параллельно ключами $K_1 - K_3$, поз-

волил получить 7 значений ёмкости. На рис. 3, б приведены результаты измерения периода колебаний в зависимости от величины ёмкости при неизменном значении сопротивления $R = 450$ кОм. Экспериментальные результаты обработаны средствами компьютерной программы MS Excel и хорошо аппроксимируются линейными функциями, что представлено на данных графиках.

Анализ графиков рис. 2, б и 3 позволяет сделать выводы, что в пределах точности измерений:

- период прямо пропорционален величине сопротивления;
- период прямо пропорционален величине ёмкости конденсатора;
- период нелинейно уменьшается с ростом напряжения источника питания.

Таким образом, для периода колебаний релаксационного генератора на неоновой лампочке: $T = RC \cdot k(U_0)$, где $k(U_0)$ определяет зависимость периода от входного напряжения. Для определения этого коэффициента нужно с высокой точностью построить график рис. 2, б и провести его аппроксимацию аналитической зависимостью, а также исследовать влияние значений напряжений зажигания и гашения неоновой лампочки или провести теоретические расчёты, что выходит за рамки данной работы. Проведённые в нашей работе измерения согласуются в пределах погрешности измерений с теоретическими расчётами, приводимыми в литературе [2, 3].

Генератор релаксационных колебаний может быть применен в декоративных изделиях, для создания определённого периода колебаний, в радиотехнических конструкциях в качестве индикаторов различных процессов, как основа для генераторов развертки (пилообразного напряжения) простых осциллографов и других приложениях.

Литература

1. *Боровой А.А.* Неоновая лампочка // Квант, № 6. 1983. – С. 32–34.
2. *Фриш С.Э., Тиморева А.В.* Курс общей физики. Т. 2. – М.: Наука, 1982.
3. Руководство к лабораторным занятиям / Под редакцией Л.Л. Гольдина. – М.: Наука, 1964. – С. 269–274.
4. *Худсон Д.* Статистика для физиков. – М.: Мир, 1968



5. Полёт струи жидкости

Кузиков Тимофей

8 класс

Научный руководитель М.А. Балакин

В данной работе была проверена высказанная ранее гипотеза, что струя жидкости разбивается на капли в полёте благодаря действию сил поверхностного натяжения. Для этого были произведены замеры поверхностного натяжения у разных жидкостей (воды, спирта и машинного масла) и исследована зависимость расстояния, которое пролетает струя до разбиения на капли, от коэффициента поверхностного натяжения. Результаты, в целом, подтвердили гипотезу, но было обнаружено действие дополнительных факторов, осложняющих зависимость (в первую очередь, толщина струи и вязкость жидкости).

Со времен первобытного человека и по наши дни люди использовали разные жидкости, а особенно воду, без существования которой не было бы жизни на Земле. Но, несмотря на это, свойства многих жидкостей изучены не до конца. В частности, нас заинтересовали результаты эксперимента, проведённого в прошлом году в рамках НОУ учащимся школы № 19 Овчинниковым Павлом [1]. Целью данной работы было исследование поведения струи свободно падающей воды. Во время проведения опытов было обнаружено, что вода в полёте разбивалась на капли (рис. 1–3). В ходе работы были проверены несколько гипотез о причинах этого явления, но ни одна из них не оказалась состоятельной. В конце работы было высказано предположение, что разбиение жидкости на капли связано с действием сил поверхностного натяжения. Целью нашей работы была проверка этой гипотезы.



Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

Постановка эксперимента

1. Измерение поверхностного натяжения жидкостей

Силу поверхностного натяжения F измеряют чувствительным динамометром типа ДПН [2, 3]. Мы измерили коэффициент поверхностного натяжения у чистой воды, спирта, машинного масла и исследовали зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры воды и от концентрации в воде мыла и спирта (рис. 4, 5).

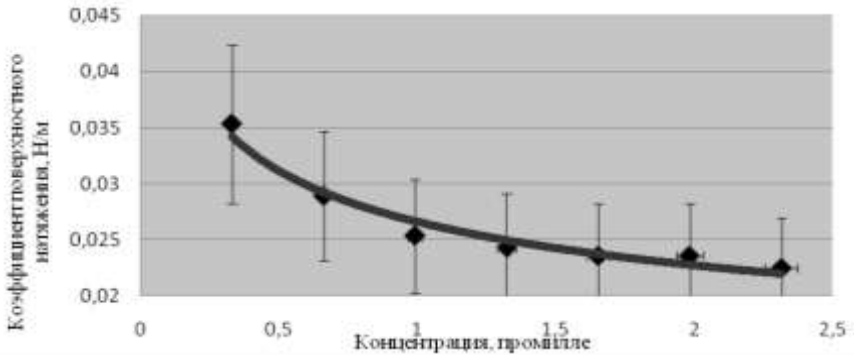


Рис. 4. График зависимости коэффициента поверхностного натяжения от концентрации шампуня в воде

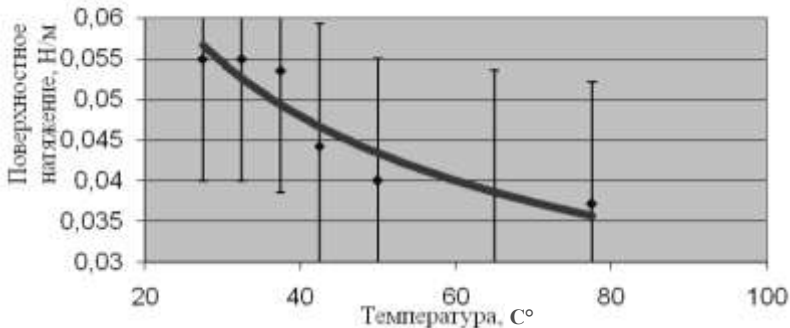


Рис. 5. График зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры воды

2. Падение капель жидкостей

В процессе экспериментов было установлено, что жидкости падают каплями. Было высказано предположение, что расстояние, на кото-

ром образуются капли, зависит от коэффициента поверхностного натяжения. Результаты проверки гипотезы приведены в таблице. Эти опыты доказывают влияние коэффициента поверхностного натяжения на процесс каплеобразования.

Таблица 1. Зависимость расстояния «каплеобразования» от коэффициента поверхностного натяжения различных жидкостей (в скобках даны литературные данные)

№	Вещество	Коэффициент поверхностного натяжения, мН/м	Расстояние до каплеобразования, см
1	Спирт	0.024(0.022)	78
2	Масло	0.026(0.025)	23
3	Вода	0.055(0.073)	8

Результаты и выводы

Наша работа представляла собой продолжение работы учащегося школы № 19 Овчинникова Павла. Целью её было проверить гипотезу, предложенную в работе Овчинникова. По результатам эксперимента можно сделать в целом положительное заключение: разбиение жидкости на капли явно происходит по причине превалирования сил поверхностного натяжения над прочими силами, действующими на каплю в свободном полёте. Результаты нагляднее всего представляет таблица и график (таблица 1, рис. 6).

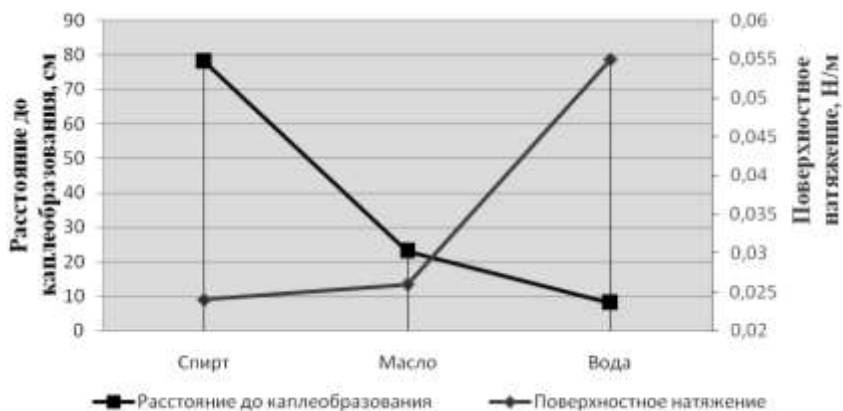


Рис. 6. Сводный график зависимости расстояния до каплеобразования и поверхностного натяжения от рода жидкости

Хорошо заметно, что увеличение коэффициента поверхностного натяжения приводит к более раннему и быстрому разбиению жидкости на капли. Однако данное явление явно более сложно, чем может показаться. В частности, количественная зависимость расстояния каплеобразования от коэффициента поверхностного натяжения не вполне ясна и далека от линейной. По всей видимости, на данный процесс оказывают влияние дополнительные факторы (вязкость, напор струи и т. п.). Зависимость каплеобразования от напора струи качественно наблюдалась в ряде экспериментов. Мы устранили влияние этого фактора выбором трубки и контролем уровня наливаемой жидкости. Исследование влияния вязкости жидкости не проводилось.

Литература

1. *Овчинников П.* Капли: Реферат // НОУ Нижегородского района. – Нижний Новгород. 2008. – 17 с.
2. *Орир Дж.* Физика. – М.: Мир, 1981. – 336 с.
3. *Савельев И.В.* Курс общей физики. Том 1. – М.: Наука, 1987. – 432 с.
4. *Брюханов И.В., Пустовалов Г.Е., Рыдник В.И.* Толковый физический словарь. – М.: Русский язык, 1988. – 231 с.

Генератор электрических колебаний ультразвуковой частоты

Кутлин Антон

8 класс

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



Предложена схема построения ультразвукового датчика для обнаружения крупных звукоотражающих объектов. Рассмотрена и экспериментально исследована схема генератора, построенного на элементах цифровой логики. Показано, что частота колебаний такого генератора обратно пропорциональна емкости используемого конденсатора. Определены значения эффективных емкости и сопротивления используемой микросхемы. Предложено усовершенствование схемы генератора.

Системы предварительного обнаружения объектов бесконтактным способом развиваются достаточно давно и насчитывают сотни и тысячи вариаций – от безопасной парковки в городских условиях до систем навигации подводных лодок и космических аппаратов. Применение системы обнаружения крупногабаритных объектов в быту может позволить решить ряд бытовых задач, в частности оптимизацию освещения, заблаговременного открытия ворот/дверей или предупреждения о появлении нежелательных объектов (субъектов) в непосредственной близости от контролируемого объекта. Бесконтактность метода обеспечивает высокую вандалоустойчивость системы в целом, а применение ультразвуковых колебаний за пределами слышимости человеческого уха и направленности излучения в сторону от мест постоянного обитания людей – отсутствие дискомфорта персонала или жильцов. Требование отсутствия дискомфорта у животных, воспринимающих используемые частоты, несколько сужает область возможных применений комплекса в целом.

Несмотря на детальную разработанность методов и способов такого дистанционного контроля и довольно широкий выбор подобных устройств в свободной продаже, нельзя сказать, что потребитель может свободно подбирать себе устройство, максимально удовлетворяющее его потребности. Без сомнения, решить типовые задачи возможно и с помощью уже имеющихся в продаже устройств, однако иногда возникает необходимость либо в более гибкой настройке параметров

системы, либо в использовании ее в каких-либо специфических условиях.

Целью настоящей работы является создание модели и действующего макета устройства, позволяющего обнаруживать появление в ограниченной области пространства крупногабаритных звукоотражающих предметов с помощью ультразвукового радара. Система должна обладать возможностью изменения таких параметров, как величина обнаруживаемых объектов, дистанция обзора, должна иметь возможность регулировки уровня срабатывания в зависимости от того, применяется система на открытом воздухе или внутри помещения.

На первом этапе работы целью исследования является создание и исследование генератора электрических колебаний ультразвуковой на основе микросхем цифровой логики. Предметом исследования в этом случае становятся принципы генерации колебаний в таком генераторе и зависимость параметров этих колебаний от характеристик и свойств используемых элементов. Задачей исследования является установление влияния параметров используемых элементов на характеристики выходного сигнала генератора, сравнение этих характеристик с теоретическими данными и объяснение физической сути происходящих процессов.

Для упрощения задачи проектирования устройства была выбрана модель мультивибратора на микросхемах цифровой логики отечественного производства [1–2], в частности на микросхеме К155ЛЕ1. Принципиальная схема мультивибратора представлена на рис. 1.

Элементы микросхемы включены как инверторы, то есть если на вход такого элемента подано низкое напряжение (ниже 1 В), то на выходе появится напряжение высокое (5 В), и наоборот. В начальный момент на входе элемента D1 напряжение отсутствует, что приводит к появлению в момент включения на выходе напряжения в 5 В. Второй элемент инвертирует это напряжение, в результате чего на выходе второго элемента напряжение оказывается нуле-

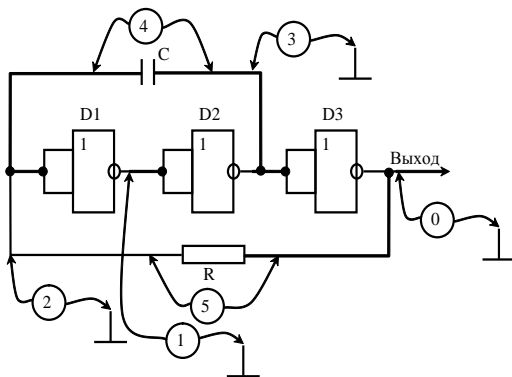


Рис. 1. Схема мультивибратора

вым. Напряжение на выходе третьего элемента становится высоким, и через резистор начинает течь ток, заряжающий конденсатор. Как известно, заряд конденсатора равен произведению его емкости на напряжение: $Q = CU$, поэтому при накоплении определенного заряда на конденсаторе напряжение на входе первого элемента будет расцениваться как высокое, что приведет к переключению схемы и появлению на выходе первого элемента сигнала «0». Второй элемент инвертирует это значение напряжения, на входе третьего элемента возникает высокое напряжение, на выходе – низкое, и конденсатор начинает разряжаться через тот же резистор. Но поскольку при переключении второго элемента потенциал одной из обкладок конденсатора скачком увеличивается, то увеличивается и напряжение на входе первого элемента, воспринимаемое теперь как высокое до тех пор, пока конденсатор не разрядится снова до того уровня, который микросхема определяет как логический ноль. В этот момент снова происходит переключение всех элементов и цикл повторяется.

На рис. 2 представлены осциллограммы напряжений в схеме, снятые между соответствующими точкам, указанными на рис. 1, с помощью цифрового двухканального осциллографа Tektronix TDS 3012B, позволяющего записывать осциллограммы на гибкий диск в доступном для дальнейшей компьютерной обработки формате. На рис. 3 представлена осциллограмма, снятая непосредственно с конденсатора (точка 4 на рис. 1). В отличие от осциллограммы 2 на рис. 2 на этой нет резких скачков напряжения и видно, что происходит заряд и разряд конденсатора: как известно, заряд конденсатора равен произведению его емкости на напряжение: $Q = CU_4$.

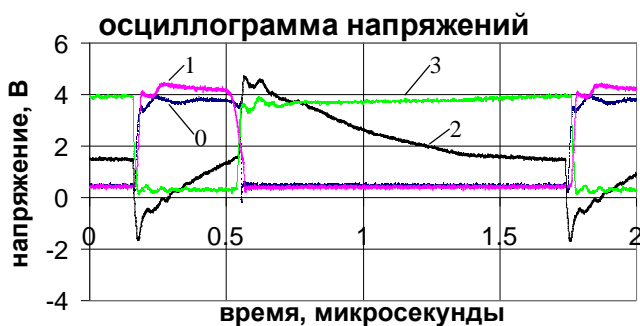


Рис. 2. Осциллограммы напряжений в схеме



Рис. 3. Осциллограмма с конденсатора

Из литературы известно [3], что заряд и разряд конденсатора, соединенного последовательно с сопротивлением, происходит по экспоненциальному закону: $Q = Q_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$, где t – текущее время, Q_0 – начальный заряд конденсатора, а коэффициент τ определяется емкостью конденсатора и величиной сопротивления резистора. Характерное время, за которое происходит заряд конденсатора, называется постоянной времени RC -цепочки и определяется как $\tau = RC$. На рис. 3 для сравнения экспериментально полученных данных с известными теоретическими построена линия на одном из циклов разрядки конденсатора,

описываемая законом $U = U_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$. Как видно из рисунка, совпадение теоретической и экспериментальной кривых, наблюдаемое в эксперименте, более чем удовлетворительное за исключением возбуждения колебаний высокой частоты в окрестности точки переключения.

Отдельной задачей является исследование зависимости частоты генерации реального мультивибратора от введенной в него емкости. Несмотря на то, что эту частоту можно оценить, исходя из теоретических знаний, в реальной системе эта частота может не совпадать с частотой генерации. Связано это с тем, что кроме элементов, которые запаиваются в схему, она уже содержит некоторые емкости и сопротивления, которые могут существенным образом повлиять на величину частоты генерации. В частности, это емкости и сопротивления полупроводниковых элементов используемой микросхемы.

На рис. 4 представлена зависимость продолжительности положительного импульса от используемой емкости конденсатора. Как видно из рисунка, общие теоретические закономерности выполняются и, в соответствии с формулой $\tau = RC$, зависимость длительности положи-

тельного импульса в схеме линейно зависит от емкости конденсатора [3]. Для проверки этого факта была построена прямая линия, так же представленная на рис. 4. Нетрудно видеть практически идеальное совпадение теоретической и экспериментальной зависимостей, что позволяет определить величины эффективных параллельных емкости и сопротивления используемой микросхемы. В частности, для приведенного экспериментального графика величина эффективной параллельной емкости составила 42 пико Фарады, в 5,9 кОм. Зависимость длительности положительной части импульса от емкости конденсатора составила $T = 610(C+42\text{pF})$.

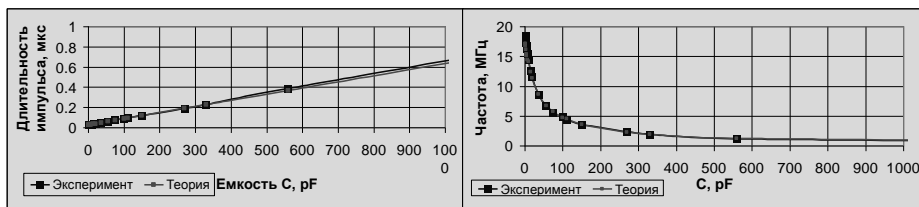


Рис. 4. Зависимости продолжительности положительного импульса и частоты генерации от емкости конденсатора

Кроме того, на рис. 4 представлена зависимость частоты генерации от используемой емкости, которая с учетом параметра скважности (отношения длительности положительного импульса к полному периоду колебаний) также хорошо совпадает с теоретически рассчитанной для данного генератора.

Закключение. В ходе выполнения первого этапа работы была предложена модель ультразвукового датчика, позволяющего обнаруживать крупногабаритные звукоотражающие объекты. Модель базируется на использовании генератора ультразвука переменной частоты, линейно зависящей от времени, и гетеродинного приемника, выделяющего разность между частотой генератора и частотой отраженного задержанного звука. Определены параметры генератора ультразвука переменной частоты, необходимые для создания этой системы.

Собрана и экспериментально исследована модель генератора колебаний прямоугольной формы на микросхемах цифровой логики. Показано, что период колебаний такого генератора с высокой точностью описывается известным соотношением для постоянной времени RC -цепочки, а также определены параметры эффективных емкости и сопротивления, вносимых элементами используемой микросхемы. Со-

зданный генератор послужит базой для создания перестраиваемого по частоте в широком диапазоне источника колебаний ультразвуковой частоты.

Литература

1. <http://vicgain.sdot.ru/elbook/prystva.01.htm> (ноябрь 2008)
2. http://www.diagram.com.ua/info/rad_nach/1.shtml (ноябрь 2008)
3. <http://www.college.ru/physics/courses/op25part2/content/chapter2/section/paragraph1/theory.html> (февраль 2009)
4. Справочник по интегральным микросхемам // Под ред. Б.В. Тарабарина. – М.: Энергия, 1980.
5. Логические ИС КР1533, КР1554. Справочник. – М.: БИНОМ, 1993.
6. Ханнанов А.Р. Переходные процессы в электрических цепях // Школа юного исследователя: сборник научно-исследовательских работ учащихся. Вып. 1. – Н. Новгород : Институт прикладной физики РАН, 2008. – С. 99–101.



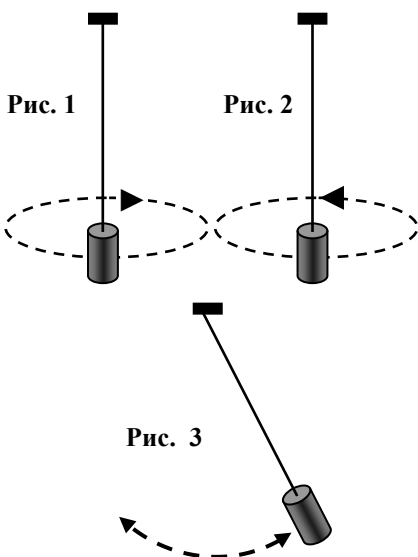
Парадоксальные траектории движения математического маятника

Лебедев Всеволод

8 класс

Научный руководитель П.М. Савкин

Все вокруг нас находится в движении. Что-то вращается, что-то перемещается по различным траекториям, что-то колеблется. Все эти движения подчинены каким-то законам. Эти различные перемещения мы наблюдаем, в основном, с помощью зрения. Иногда такая информация бывает обманчивой, и мы видим то, чего нет на самом деле. Нужно уметь разбираться со странными эффектами, которые мы иногда наблюдаем.



Если посмотреть на колебания математического маятника, закрыв один глаз светофильтром, наблюдается интересное явление. Начинает казаться, что маятник движется не в плоскости колебаний (как обычно, если смотреть без светофильтра), а по яйцеобразной траектории, например, по часовой стрелке (рис. 1). Если приложить светофильтр к другому глазу, то траектория движения изменится на противоположную, т. е. против часовой стрелки (рис. 2). Без использования светофильтра мы наблюдаем обычные колебания в одной плоскости (рис. 3).

Для проведения экспериментов использовалась промышленная ла-

бораторная установка «Математический маятник» на массивной основе, с качественной системой подвешивания стального цилиндрического грузика. Старт грузика осуществлялся с помощью электромагнита, что гарантировало колебания маятника в одной плоскости.

Было решено произвести проверку влияния различных факторов на наличие и интенсивность эффекта:

- а) положения наблюдателя относительно маятника;
- б) светофильтров разного цвета и плотности;
- в) проверка эффекта группой наблюдателей.
- г) цвета колеблющегося груза.

Положение наблюдателя	Наблюдаемый эффект
Случай 1	Маятник уходит вглубь
Случай 2	Эллипсоидная траектория
Случай 3	Перемещение по вертикали

Случай 3 является самым интересным среди других. Вместо эллипсоидной траектории по горизонтали появляется перемещение в вертикальной плоскости. При этом кажется, что маятник ныряет (опускается) при движении в одну сторону и поднимается при движении в другую сторону. Если приложить светофильтр к другому глазу, направление перемещения маятника в вертикальной плоскости изменится на противоположное.

При анализе результатов предыдущего эксперимента мы заметили, что на интенсивность парадокса влияет не только цвет светофильтра, но и его плотность.

После этого я попросил моих одноклассников посмотреть через светофильтр на движение маятника, не сказав при этом, что они должны увидеть (это было сделано с той целью чтобы проверить, существует ли этот эффект на самом деле, может над нами играет злую шутку сознание?). Опыт прошёл удачно, и нам даже удалось составить таблицу с оценкой интенсивности наблюдаемого эффекта по шкале от 0 до 3 (3+ означает случай, когда нам казалось, что маятник даже залезает за лабораторную установку).

Таблица 1. Результаты оценки интенсивности наблюдаемого эффекта

Цвет светофильтра		Красный (тёмный)		Желтый (светлый)		Синий (средняя плотность)		Зелёный (светлый)	
Освещение дополнительное		Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.	Вкл.	Выкл.
Наблю-датели	Дмитрий	3	0	2	1	2	3+	1	2
	Всеволод	3+	3++	0,5	1	1	2,5	0,5	2
	Мария	0	3	1	0	3	2	1	1
	Григорий	3	1	1	2	2	3	1	3

У всех наблюдателей нормальное зрение, без серьёзных отклонений. Выяснилось, что все видят по-разному, но **ВСЕ** видят! Цвет маятника практически не повлиял на полученные результаты.

Для того, чтобы исследовать все возможные факторы, какие мы только смогли придумать, было проведено дополнительное исследование с полистироловой пластиной толщиной 22 мм. Наблюдатель смотрел на колеблющийся маятник одним глазом через пластину, повернув её так, чтобы свет, проходя через неё, преломлялся. Никакого влияния пластины обнаружено не было.

Анализируя полученные результаты наших экспериментов, можно сделать следующие выводы:

- эффект действительно существует;
- положение наблюдателя оказывает влияние на вид траектории;
- наличие эффекта сохраняется у разных наблюдателей;
- заметно влияние цвета светофильтров, и особенно их плотности, на силу эффекта;
- влияние цвета маятника практически не обнаружено.

Мы с самого начала предполагали, что не сможем завершить наш опыт до финального конца (с полным объяснением всего парадокса). Главной задачей было определение того, к какой области знаний относится полное объяснение причин наблюдаемого парадокса – к физике или к биологии. Результаты наших исследований позволяют предположить, что ответить на это может биология с помощью физики. Скорее всего, секрет кроется в специфической работе нашего органа зрения – глаза, который является не просто оптическим прибором, а очень сложной биологической системой, работа которой ещё не до конца изучена. В нашем распоряжении не хватало важного прибора (стереокамеры) для того, чтобы полностью быть уверенными в нашем предположении.

Литература

1. Ландсберг Т.С. Элементарный учебник физики. Т. 3. – М. : Наука, 1971.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Физика 11 класс. – М. : Просвещение, 2008.
3. Уокер Дж. Физический фейерверк. – М. : Москва, 1989.
4. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. – М. : Мир, 1990.
5. Элиот Л., Уилкокс У. Физика. – М. : Наука, 1975.

Вольтметр электромагнитной системы

Преображенский Глеб

6 класс

Научный руководитель П.М. Савкин



Современный цивилизованный человек, не говоря о профессионалах, должен понимать, что такое электричество. Мы все должны грамотно с ним обращаться и при необходимости уметь измерять некоторые его основные параметры: ток, напряжение, сопротивление. Для этого существуют специальные измерительные приборы. Один из таких приборов я и решил сделать. Для этого мне пришлось решить следующие проблемы: выбор типа прибора, выбор доступной конструкции прибора.

Самыми распространёнными типами приборов являются стрелочные приборы. При измерениях стрелка плавно перемещается по шкале, и наблюдение за изменением напряжения получается очень наглядным в отличие от цифровых приборов.

Стрелочные приборы чаще всего бывают двух систем: магнитоэлектрической и электромагнитной. Чтобы остановить свой выбор на одной из этих систем, я ознакомился с принципом их работы.

Каждая из этих двух систем имеет свои преимущества и недостатки. Но для самостоятельного изготовления годится только прибор более простой конструкции – электромагнитный. Хотя он менее точный, но его вполне реально изготовить. Кроме того, он может работать как с постоянным, так и с переменным током.

В приборе сердечник должен втягиваться в катушку (рис. 1). Сила, с которой он втягивается, должна зависеть от величины тока, протекающего через катушку. А величина тока зависит от напряжения поданного на катушку. Сопротивление катушки – величина постоянная. Значит, $I = U/R$. Для проверки зависимости силы притяжения сердечника электромагнитом был проделан эксперимент.

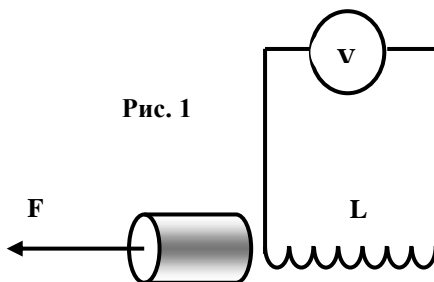


Рис. 1

Через стандартную катушку из учебного набора пропускался постоянный ток от источника стабилизированного регулируемого напряжения. Школьным динамометром на 4 Н измерялась сила, при которой стальной цилиндр отрывался от электромагнита. Опыт проводился на скользкой горизонтальной поверхности. Электромагнит и сердечник были расположены в горизонтальном положении. Погрешности измерительных приборов не учитывались.

Таблица 1

F, N	1,3	1,3	1,6	1,9	1,9	2,4	2,6	2,9	2,7	3,0	3,8
	1,1	1,3	1,4	1,6	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,5	3,8
	1,2	1,2	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,6	3,9
$F_{\text{ср}}, \text{N}$	1,2	1,26	1,53	1,73	1,96	2,26	2,46	2,7	2,8	3,36	3,83
U, В	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8

Из табл. 1 видно, что зависимость силы от напряжения нелинейная, что и ожидалось (у всех приборов этой системы шкала неравномерная).

Было решено делать прибор (рис. 2) с вертикальным расположением шкалы для того, чтобы использовать силу тяжести для противодействия силе, втягивающей сердечник в электромагнит. Это позволит не вводить в конструкцию прибора специальную пружину.

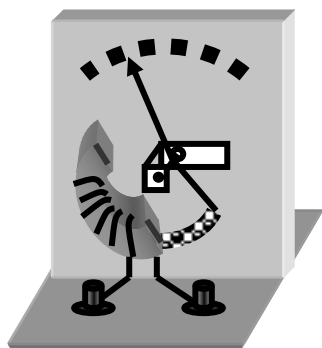


Рис. 2. Конструкция прибора

В качестве сердечника был применён стальной гвоздь диаметром 6 мм, изогнутый подковообразно.

Катушка намотана на самодельный изогнутый каркас из полистирола проводом диаметром 0,5 мм. Число витков около 300. Корпус прибора собран из полистироловых деталей и склеен. Изгибание деталей производилось после нагревания их на корпусе паяльника.

Было измерено внутреннее сопротивление нашего вольтметра мультиметром.

$R_{\text{вн}} = 4,9 \text{ Ом}$. При градуировке шкалы выяснилось, что вольтметр получился неудачный. Сопротивление его очень маленькое, шкала от 0 до 2 В сжата до 3 мм, от 2 до 3 В растянута почти на всю шкалу, а до 4 В опять сжата до 3 мм.

Было принято решение делать новую катушку, более короткую. Число витков увеличено до 600, диаметр провода 0,25 мм. Новый сердечник изготовлен из гвоздя диаметром 4 мм.

Предварительная проверка показала удовлетворительные результаты: $R_{ВН} = 23,7 \text{ Ом}$, шкала стала более равномерной на участке 2–7 В. Ток через прибор уменьшился почти в 5 раз и при напряжении 4 В составлял менее 200 мА.

Шкала вольтметра была прокалибрована при помощи стабилизированного источника постоянного тока и эталонного вольтметра М 106, класс погрешности 0,5.

Таблица 2

V, В	0	1	2	3	4	4,5	5	5,5	6
$V_{\text{н}}$, В	0	1,05	1,8	3,1	4,1	4,5	5,0	5,7	6,6
ΔV , В	0	0,2	0,2	0,1	0,1	0	0	0,2	0,6
%	0	5,0	10	3,3	2,5	0	0	3,6	10,0

Выводы. Изготовленный рабочий макет вольтметра вполне работоспособен. Его можно использовать для измерений как постоянного, так и переменного напряжения, нарисовав отдельную шкалу.

В области малых напряжений (до 2 В) шкала сильно сжата, на этом участке прибором можно пользоваться только как пробником. На участке от 2 до 5,5 В погрешность измерений не превышает 4 %, значит прибор соответствует классу точности 4,0.

Выявились и недостатки этого прибора:

- 1) рабочее положение прибора должно быть строго вертикальным;
- 2) остаточная намагничённость подвижного сердечника может быть различной потому, что он изготовлен не из специального магнитомягкого металла. Необходимо (после больших перерывов) перед измерениями подсоединять вольтметр к источнику 4–5 В;
- 3) по этим же причинам при измерении постоянного напряжения необходимо соблюдать полярность клемм прибора.

Литература

1. Горячкин Е.Н. Лабораторная техника и ремесленные приёмы. – М.: Просвещение, 1969.
2. Ельянов М.М. Практикум по радиоэлектронике. – М.: Просвещение, 1977.
3. Ерлыкин Л.А. Практические советы радиолюбителю. – М.: Изд. Министерства обороны СССР, 1963.
4. Пёрышкин А.В., Година Н.А. Физика. 8 кл. – М.: Просвещение, 1988.
5. Эллиот Л., Уилкоккс У. Физика. – М.: Наука, 1975.



Моделирование Вольтова столба и униполярного индуктора Фарадея

Раксин Александр

7 класс

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

Работа посвящена моделированию и исследованию источников питания: Вольтова столба и униполярного индуктора Фарадея. Удалось зажечь лампочку от самодельной батарейки. Исследована зависимость силы тока, производимой индуктором, от радиуса диска и от скорости его вращения.

Изучение способов получения электричества важно как с практической, так и с теоретической стороны. На практике мы часто используем автономные источники питания. С научной точки зрения, вопрос, как вырабатывается электричество, важен, так как электрические явления в природе встречаются часто.

В прошлом году я исследовал Вольтов столб, сделанный своими руками. В работе предполагалось продолжение этих исследований на новой технологической базе – с использованием медных и цинковых пластин. Также я исследовал другой способ получения электричества – с использованием магнита и вращающегося диска. Я узнал, что именно таким методом в начале XIX века английский ученый Майкл Фарадей впервые создал униполярный индуктор.

Все электрические явления связаны с разделением зарядов. В природе все заряды сбалансированы: количество положительных и отрицательных зарядов равно. Существует два способа разделения зарядов: химический и физический. Химический способ основан на электролитической диссоциации, это способ образования батареек. Но батарейки невечны, так как идут химические реакции и вещество цинковых и медных пластин «съедается», окисляется. Физические методы разделения заряда: электромагнитная индукция и фотоэффект.

Пионер электромагнитной индукции – Майкл Фарадей. Он открыл, что движение проводника является поводом для разделения заряда. Явление униполярной индукции было открыто Майклом Фарадеем в 1831 году. Если к оси и ободу вращающегося магнита присоединить скользящие контакты, соединенные проводником, то по цепи потечёт ток, который можно обнаружить с помощью гальванометра.

Он создал прибор (униполярный индуктор), который даёт постоянный ток (заряды движутся в одном направлении).

Цель работы:

1. Сопоставление результатов исследований Вольтова столба:
 - на элементной базе из монет различных металлов и соляной прокладки;
 - на элементной базе из пластин различных металлов и прокладки из нашатырного спирта (по методу российского инженера Василия Владимировича Петрова).
2. Исследование униполярного индуктора на элементной базе «алюминиевый диск + кольцевой магнит + гальванометр».
3. Изучение областей применения униполярного индуктора Фарадея.

Проблемы: техническая (согласование гальванометра и индуктора) и научная (выяснить, как работает «батарейка» из движущегося диска).

Объекты исследования: самодельные «Вольтов столб» и «Униполярный индуктор». Предмет исследования: практическая реализация зажигания лампочки с помощью «Вольтова столба» и процессы, приводящие к вырабатыванию электричества в «униполярном индукторе».

Работая с Вольтовым столбом, сначала я сделал 1 элемент батарейки. Вместо монет я использовал кусочки цинка и меди. Прокладкой между ними послужила хлопчатобумажная ткань, смоченная аммиаком. Подключив к элементу вольтметр, я снимал показания каждые 20 минут в течение 12 часов подряд. Полученные результаты я изобразил в виде графика (рис. 1).

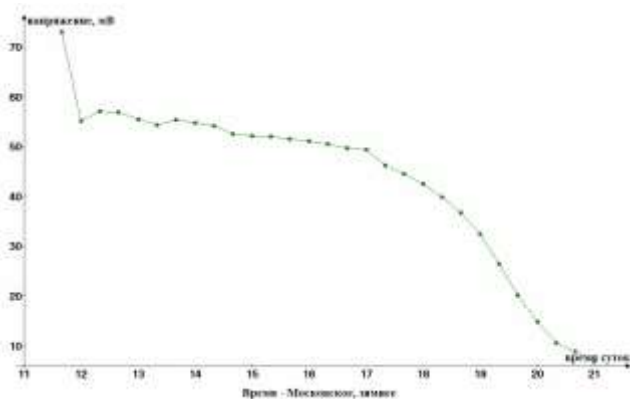


Рис. 1. График показаний вольтметра

Проанализировав результат, я решил в дальнейшем несколько видоизменить элементы. Вместо аммиака я вновь взял солевой раствор, так как аммиак сильно окислял металлические пластины. Прокладки я сделал многослойными, элементы расположил вертикально для исключения их замыкания. Моя батарейка состояла из 6 элементов. Результаты мои таковы: отмечался рост напряжения, пропорциональный числу элементов (рис. 2).

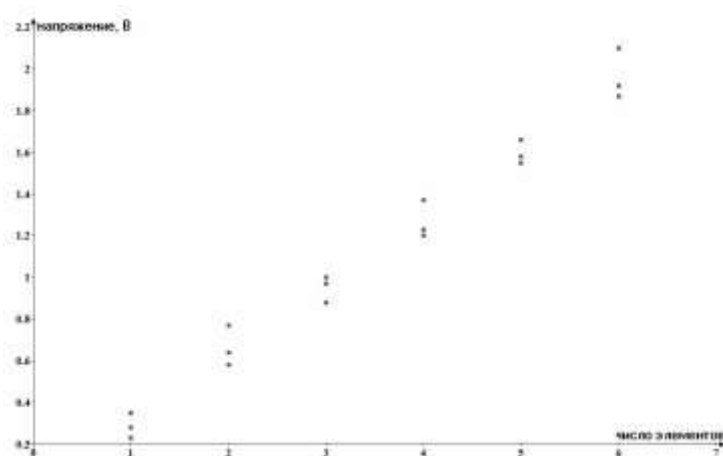


Рис. 2. График зависимости напряжения на батарее от числа элементов

В этом году я всё-таки добился желаемого, создал батарейку, способную зажечь маленькую электрическую лампочку. Светодиод, подключённый к изготовленной мною батарейке, светил более 2 часов!

Следующим этапом работы стало моделирование индуктора Фарадея. Мой прибор выглядит следующим образом: магнит, закреплённый в штативе, располагается над алюминиевым диском. На диске есть красная метка, которая позволит измерять скорость вращения. Вращение организуем с помощью привода дрели. Для измерения тока используем гальванометр со шкалой, на конце которого расположены два скользящих контакта, сделанных из гитарной струны. В нашем опыте магнит оставался неподвижным. Вращая диск, мы не только увидели, что по проводнику течёт ток (отклонение "зайчика" по шкале токоизмерительного прибора), но пытались установить зависимость величины тока от радиуса диска и от угловой скорости.

Я установил контакты на диск и стал вращать его в одну и другую сторону. “Зайчик” на шкале гальванометра отклонялся от нулевой отметки в разные стороны. Потом я сменил ориентацию магнита в противоположную сторону. В этом случае эффект был другим: вращение диска было в ту же сторону, а движение “зайчика” по шкале было в другую сторону.

Зависимость величины тока от радиуса диска была такова: чем больше радиус диска, тем больше показания гальванометра, при уменьшении радиуса и величина тока уменьшается (Радиус – это расстояние от точки контакта до центра диска). По видеосъемке был построен график этой зависимости (рис. 3).

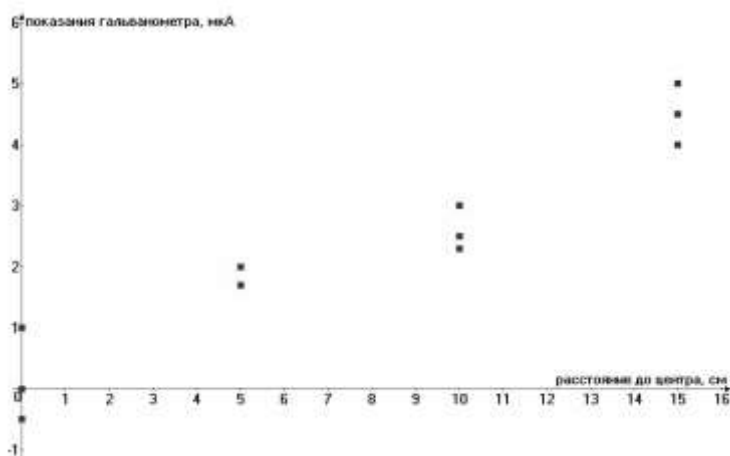


Рис. 3. График зависимости величины тока от радиуса диска

Чтобы установить зависимость величины тока от угловой скорости, я считал количество кадров, за которые диск обернётся на $\frac{1}{4}$ оборота. Почему я взял $\frac{1}{4}$ диска, а не целый диск? Потому что очень трудно вручную удерживать скорость постоянной.

$\frac{1}{30}$ – время одного кадра. Я вращал диск с разной скоростью, ускорял его. Следовательно, меняется и количество кадров за $\frac{1}{4}$ оборота, меняются и показания тока на шкале гальванометра. Нами был построен график зависимости силы вырабатываемого тока от скорости вращения диска (рис. 4).

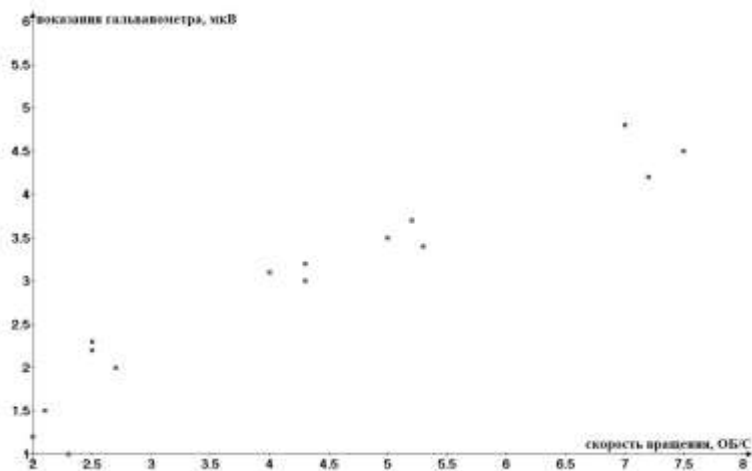


Рис. 4. График зависимости силы вырабатываемого тока от скорости вращения диска

В этом году я завершил свою работу по моделированию Вольтова столба, начатую в прошлом году. Сравнивая результаты первых опытов по моделированию Вольтова столба с помощью монет из разных металлов с конструированием батареи из медных и цинковых пластин, можно сделать следующие выводы.

Рост напряжения на батарее при увеличении числа элементов в случае медных и цинковых пластин более соответствовал ожидаемой прямо пропорциональной зависимости. На сравнительно небольшом числе элементов мне удалось зажечь светодиодную лампочку при использовании медных и цинковых пластин. При использовании монет этого сделать не удавалось.

Я могу пояснить эти результаты тем, что в случае использования пластин вместо монет мы имеем дело с более однородными веществами, способствующими более эффективному разделению электрических зарядов.

Я воспроизвёл опыт Фарадея. Конечно, мои измерения в опыте Фарадея нельзя считать точными: трудно было удерживать скорость вращения постоянной! Тем не менее, я понял, что таким образом можно вырабатывать электричество настолько долго, насколько у нас хватит сил крутить диск. Я убедился, что эффективность такой «физической» батарейки возрастает при увеличении скорости вращения диска

и при увеличении его размеров. Но вряд ли удастся зажечь лампочку: вырабатываемая сила тока крайне мала (протекающие в лампочке токи более чем в 1000 раз больше по силе тока).

А теперь вспомним, что наша планета Земля и некоторые другие планеты – Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун, и наше Солнце, другие звезды являются вращающимися магнитами, а значит, похожи на униполярный индуктор. Поэтому на этих объектах вырабатываются электрические токи, которые должны влиять на процессы, определяющие, в частности, климатические особенности этих космических тел. Мой опыт является попыткой хотя бы отчасти воспроизвести эти процессы.

Литература

1. *Кл. Э. Суорц*. Необыкновенная физика обыкновенных явлений. Т. 2. [пер. с англ.]. – М.: Наука. 1987.
2. *Зильберман Г.Е.* Электричество и магнетизм. – М. : Наука, 1970.
3. <http://ru.wikipedia.org/wiki/> Википедия – популярная Интернет – энциклопедия.
4. *Голин Г.М., Филонович С.Р.* Классики физической науки. – М. : Высшая школа, 1989.
5. *Марио Льоцци*. История физики [пер. с итал. Э.Л. Бурштейна]. – М. : Мир, 1970.
6. <http://historik.ru/> "Historik.ru: Книги по истории".
7. *Розенбергер Ф.* История физики. Ч. 3, выпуск 2. – Москва – Ленинград, 1936.



Исследование явления полного внутреннего отражения

Рябинин Иван

6 класс

Научный руководитель П.М. Савкин

В повседневной деятельности человек постоянно использует явление преломления и отражения световых лучей. Примером служат очки, объектив фотоаппарата, зеркало, оконное стекло и даже человеческий глаз. Следовательно, преломление и отражение света являются важными явлениями, позволяющими человеку воспринимать картину окружающего мира. Знание законов преломления и отражения необходимо для успешного развития современной техники, в которой все шире используются различные оптические приборы и линии связи.

Цель исследования: Изучить явления преломления и отражения светового луча при прохождении границы двух сред и выявить зависимость углов преломления и отражения от угла падения луча, а также определить предельный угол полного внутреннего отражения экспериментально.

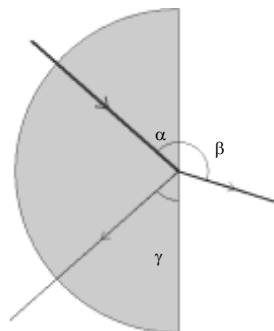
В рамках нашей работы экспериментально исследуются явления преломления и отражения света на границе двух сред с точки зрения геометрической оптики.

Методы исследования: лабораторный эксперимент, изучение опубликованных материалов.

Значимость исследования: проведён анализ и экспериментальное исследование явлений отражения и преломления светового луча при прохождении его из оптически более плотной в оптически менее плотную среду, что соответствует условиям работы оптоволоконной линии связи.

При прохождении светового луча через границу раздела двух сред (рис. 1) только часть энергии луча проходит через нее, остальная – отражается. Угол отражения γ найти несложно: он всегда равен углу падения луча α , а угол преломления β зависит от характеристик обеих сред.

Рис. 1. Углы преломления и отражения световых лучей при преодолении границы раздела двух сред



В экспериментальной части работы исследуются явления преломления и отражения луча при переходе через границу «стекло – воздух» (рис. 2).

Рассматривая доли отраженной и преломленной энергии падающего луча в зависимости от угла его падения, следует отметить, что отражения минимальны, если падающий луч перпендикулярен границе раздела сред. По мере отклонения направления падения луча от перпендикуляра растет доля отраженной энергии и падает доля преломленной.

Полное внутреннее отражение – явление, при котором вся световая энергия отражается от границы раздела двух сред. Угол падения $i_{\text{пр}}$, начиная с которого вся световая энергия отражается от границы раздела, называется предельным углом полного внутреннего отражения.

Для границы «стекло – воздух» предельный угол полного внутреннего отражения приблизительно равен 35–40 градусам

При углах падения, меньших $i_{\text{пр}}$, преломленного луча не существует, при больших – существуют как отраженный, так и преломленный лучи.

Полное внутреннее отражение используют в волоконной оптике для передачи света и изображения по пучкам прозрачных гибких волокон – световодов. Световод представляет собой стеклянное волокно

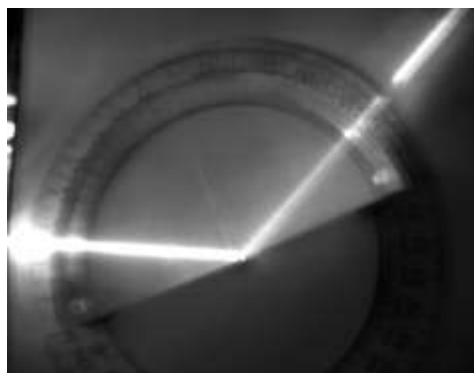


Рис. 2. Полное внутреннее отражение

цилиндрической формы, покрытое оболочкой из прозрачного материала с меньшим, чем у волокна, показателем преломления [2]. За счёт многократного полного внутреннего отражения свет может быть направлен по любому (прямому или изогнутому) пути. Волокна собираются в жгуты. При этом по каждому из них передаётся фрагмент изображения или целое изображение. Жгуты из волокон используются, например, в медицине для исследования внутренних органов.

По мере развития технологии изготовления и применения световодов (оптоволокон) всё шире применяется связь (в том числе и цифровая) с помощью световых лучей.

Эксперимент. Эксперимент был проведён в условиях школьной лаборатории. Установка содержит источник света, формирующий узкий луч, и вращающуюся линзу, закреплённую на градуированной шкале. Она предназначена для исследования явлений преломления и отражения светового луча от плоской границы сред «стекло – воздух» и позволяет измерять углы падения, отражения и преломления луча.

Таблица 1. Измеренные значения углов α , β и γ

α°	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
β°	90	95	105	115	123	130	140	150	165	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
γ°	нет	нет	нет	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15

Из анализа полученных результатов (см. табл.) можно сделать следующие *выводы*:

- отражённый луч наблюдается при углах падения луча от 75° до 15° , при этом его интенсивность растёт с уменьшением угла падения и достигает своего максимума при значении α , равном 45° ;
- преломлённый луч наблюдается при углах падения луча от 90° до 50° , при этом его интенсивность падает с уменьшением угла падения и достигает своего минимума при значении α , равном 45° ;
- предельный угол полного внутреннего отражения имеет значение 45° ;
- при углах падения луча от 60° до 50° наблюдалось явление дисперсии преломлённого луча.

Измерение интенсивности преломлённого луча от угла падения проводилось при помощи простейшей схемы фотометра, состоящей из

фотоэлемента и гальванометра. Интенсивность измерялась в условных единицах без учёта погрешностей измерения.

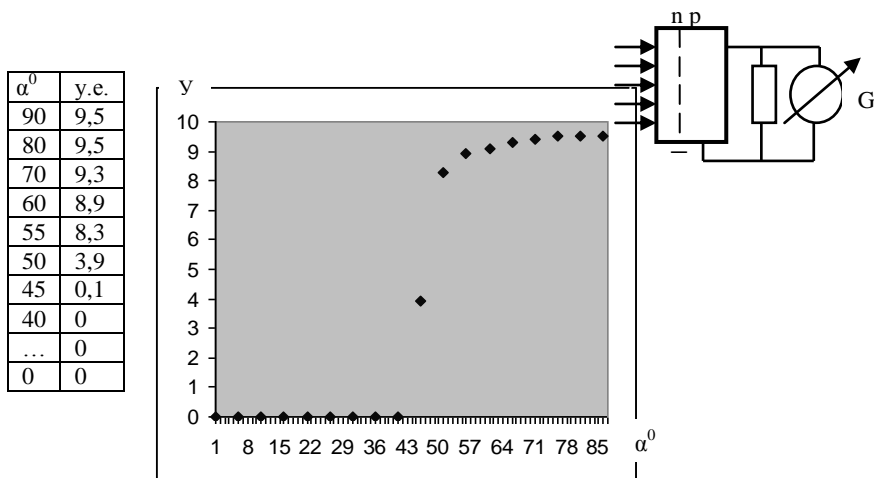


Рис. 3

Заключение. В ходе подготовки и выполнения работы были решены следующие задачи:

- экспериментально определена зависимость угла преломления светового луча на границе раздела двух сред от угла его падения;
- экспериментально определена зависимость угла отражения светового луча на границе раздела двух сред от угла его падения;
- измерено значение предельного угла полного внутреннего отражения.

Явления отражения и преломления света постоянно встречаются в повседневной жизни, давно и широко используются в технике и в быту. В настоящее время одним из наиболее активно развивающихся приложений оптики является создание и совершенствование оптоволоконных линий связи, принцип действия которых основан на использовании явления полного внутреннего отражения.

Литература

1. *Брилев Д.В.* Большая серия знаний. Физика / М.: ООО «ГД «Изд. Мир книги», 2006. – 128 с.
2. *Элементарный учебник физики: Учеб. пособие. В 3 т. / Под ред. Г.С. Ландсберга; Т. 3. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. – 11-е изд. – М.: Наука. Физматлит, 1995. – 656 с.*
3. <http://www.inauka.ru/science/article85409.html>. – Известия Науки, 2009.



Дополнительный интерферометр для системы оптической когерентной томографии на базе интерферометра Физо

Савинов Арсений

9 класс

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

Рассмотрены основные варианты исполнения дополнительного интерферометра для системы ОКТ с измерительным интерферометром Физо. Показана предпочтительность использования в качестве дополнительного однопроводного интерферометра, в частности интерферометра Майкельсона. Предложена схема оптимизации устройства при использовании в качестве дополнительного интерферометра Майкельсона.

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – это метод 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 инфракрасной области электромагнитных излучений (рис. 1), в которой глубина проникновения излучения в приповерхностные слои биологических тканей составляет порядка 2–3 мм.

После создания волоконнооптического эндоскопического зонда основными приложениями метода ОКТ стали эндоскопические прижизненные исследования слизистых внутренних органов человека [2]. Спецификой подобных исследований является использование клинического прибора со сменными зондами. При традиционной реализации ОКТ-метода на основе интерферометра Майкельсона обеспечение идентичных оптических параметров сменных зондов является серьезной проблемой. Дело в том, что изготовить два зонда абсолютно одинаковой (с точностью до долей миллиметра) длины чрезвычайно сложно, что связано с некоторыми особенностями технологического процесса. Кроме того, для сохранения предельного пространственного

разрешения метода ОКТ необходимо обеспечить идентичность дисперсионных характеристик зондов, чему препятствует разброс параметров оптических волокон. Даже волокна из одной партии на типичной для сканера длине в 5–6 метров могут иметь разброс характеристик, превышающий допустимый. Проблему идентичности эндоскопических зондов можно решить, если использовать в качестве базового воздушный интерферометр Физо [3, 4], размещенный на выходном торце сканера. 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, не описанных детально в [5], и является логическим продолжением последней. Основной целью является рассмотрение различных схем построения дополнительного интерферометра и выделение среди них той, которая по своим параметрам наилучшим образом подойдет для применения в системе ОКТ. В качестве основного критерия поиска рассматриваются глубина модуляции излучения полезным сигналом и техническая реализуемость той или иной конфигурации системы.

Существует два принципиально различных подхода к использованию дополнительных интерферометров: это использование однопроходового интерферометра (Майкельсона, Маха-Цандера, Физо) или многопроходового (Фабри – Перо).

Интерферометр Майкельсона в схеме ОКТ 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.

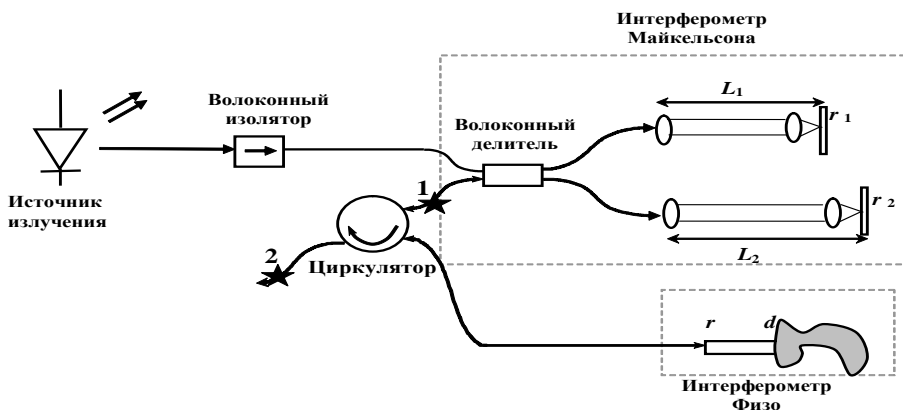


Рис. 1

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 $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$, где λ – длина волны излучения, c – скорость света. Вводя $L_{1,2} = 2l_{1,2}$, $R_{1,2} = \sqrt{\alpha(1-\alpha)r_{1,2}}$ в соответствии с рис. 1.

В соответствии с (1) интенсивность излучения на выходе интерферометра примет вид:

$$I = \frac{I_0}{2} [R_1^2 + R_2^2 + 2R_1R_2 \cos(k\Delta L)], \quad (3)$$

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:

$$v_M = 2 \frac{\sqrt{r_1 r_2}}{r_1 + r_2}. \quad (4)$$

Максимальное значение глубины модуляции достигается при $r_1 = r_2 = r$, а оптимальными с точки зрения получения максимального абсолютного сигнала интерференции $r_1 = r_2 = r = 1$. Несложно показать, что при рассмотрении этого интерферометра в схеме ОКТ с интерферометром Физо итоговая глубина модуляции полезным сигналом окажется прямо пропорциональной глубине модуляции в дополнительном интерферометре:

$$v = v_M \frac{\sqrt{rd}}{r+d},$$

где r и d – отражения по мощности от граней интерферометра Физо.

Один из возможных вариантов использования в качестве дополнительного интерферометра Фабри – Перо представлен на рис. 2.

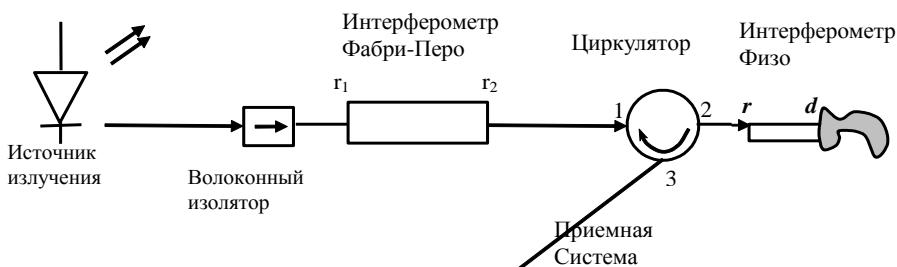


Рис. 2

Поле на выходе такой системы запишется в виде

$$E = E_0 e^{i\omega t} \sqrt{(1-r_1)(1-r_2)} \left(1 + \frac{1}{\sqrt{r_2}} \sum_{n=1}^{\infty} \left(\sqrt{r_1 r_2} e^{-i2kL} \right)^n \right).$$

Глубина модуляции сигнала в таком интерферометре может достигать значений, близких к единице, однако в этом случае катастрофически падает величина самого сигнала в системе в дополнение к сложно-

ствам изготовления волоконно-воздушного варианта интерферометра Фабри – Перо (простой волоконный вариант интерферометра использовать нельзя из-за наличия дисперсии материала волокна – это в конечном итоге приводит к существенному искажению изображения).

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 максимально возможное отражение в обоих плечах. Использование интерферометра Фабри – Перо в качестве дополнительного затруднено в связи с существенными потерями сигнала при достижении оптимальной глубины модуляции, а также сложностями волоконно-воздушного монтажа добротной многопроходовой системы.

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, N. 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, N. 6. P. 239.
3. Drake A.D., Leiner D.C. // Rev. Sci. Instrum. 1984. V. 55, N. 2. P. 162
4. Feldchtein F.I., Bush J., Gelikonov G.V., Gelikonov V.M., Piyevsky S. // Coherence Domain Optical Methods and Optical Coherence Tomography in Biomedicine IX. Proc. SPIE. SPIE. - San Jose, California, USA, 2005. P. 349
5. Геликонов Г.В., Геликонов В.М., Шилиягин П.А. Оптимизация метода оптической когерентной томографии на базе интерферометров Физо и Майкельсона // Известия РАН: серия физическая, Т. 72, № 1. 2008. С. 104.
6. Мякишев Г. Б., Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для 11 класса общеобразовательных учреждений. 11-е издание. – М.: Просвещение, 2003. – С. 185–188.

Исследование колебаний пружинного маятника

Садова Дарья

8 класс

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



Колебания – один из самых распространенных процессов в природе и технике. Колеблются высотные здания и высоковольтные провода под действием ветра, маятник заведенных часов и автомобиль на ресорах во время движения, уровень реки в течение года и т. д. Колебания бывают механические, электромагнитные, химические, термодинамические и различные другие. Несмотря на такое разнообразие, все они имеют между собой много общего и поэтому описываются одними и теми же уравнениями [1]. Характеристики колебаний – амплитуда, период, частота, фаза – определяются параметрами физической системы и начальными условиями. Изучение зависимостей характеристик колебаний от различных параметров системы является важной задачей, решение которой позволяет во многих случаях прогнозировать вредные и полезные свойства колебаний, проявляющихся в той или иной физической системе.

Целью данной работы является изучение закона движения пружинного маятника, исследование зависимости периода колебаний от массы груза и жесткости пружины с помощью численного моделирования и сравнение полученных результатов с экспериментом.

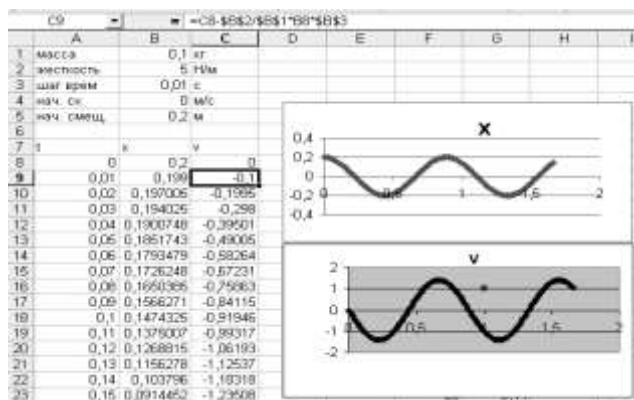


Рис. 1. Моделирование колебаний пружинного маятника в MS Excel

Из известных физических соотношений и законов [2]: формул для скорости и ускорения, законов Гука и Ньютона (без трения):

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t}; \quad a = \frac{\Delta v}{\Delta t}; \quad F_{\text{упр}} = -kx; \quad ma = F,$$

на основе компьютерного моделирования в среде электронных таблиц Microsoft Excel (рисунок 1) без применения сложного математического аппарата можно наглядно показать, что колебания пружинного маятника являются гармоническими, получив синусоидальную зависимость координаты и скорости маятника от времени [3]. Для этого в электронных таблицах MS Excel заносятся параметры колебательной системы – массу груза и жесткость пружины, а также начальные условия. Затем необходимо запрограммировать численную схему [4]:

$$\text{изменение времени: } t_{n+1} = t_n + \Delta t,$$

$$\text{изменение скорости: } v_{n+1} = v_n - \frac{k}{m} \cdot x_n \cdot \Delta t,$$

$$\text{изменение координаты: } x_{n+1} = x_n + v_{n+1} \cdot \Delta t,$$

записать вычисляемые формулы по правилам Excel для первых ячеек времени, скорости и координаты и продлить их на весь интервал времени расчета.

Теперь, изменяя значения для массы груза и жесткости пружины, легко получаем графики изменения координаты, по которым определяем период колебаний. Таким образом, путем моделирования можно исследовать зависимость периода колебаний от массы и жесткости (рис. 2).

На этих же рисунках приведены уравнения аппроксимации тренда, выполненные MS Excel степенными зависимостями. Можно сделать вывод о пропорциональности $T \cong \sqrt{m}$ (рис. 2, а) и о пропорциональности $T \cong 1/\sqrt{k}$ (рис. 2, б) при, соответственно, неизменных других параметрах. Из полученных зависимостей можно сделать вывод о пропорциональности периода $T \cong \sqrt{m/k}$, что совпадает с теорией $T = 2\pi\sqrt{m/k}$. Аналогичные измерения можно проводить с помощью среды программирования Turbo Pascal.

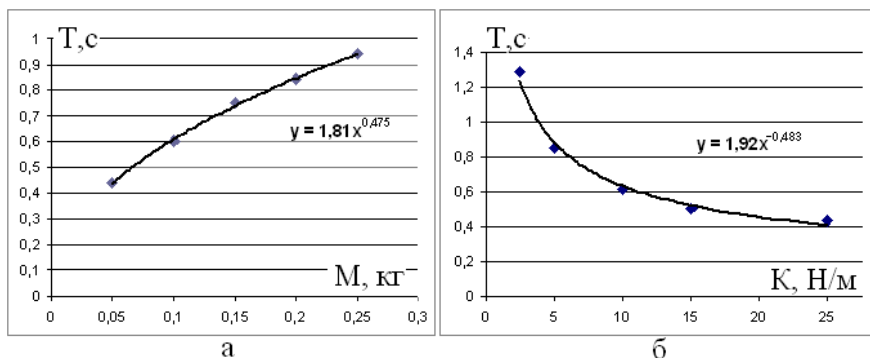


Рис. 2. Модельные зависимости периода колебаний от массы груза (а) и жесткости пружины (б)

В ходе работы также было проведено экспериментальное изучение зависимостей периода колебаний от жесткости пружины и от массы груза. В ходе опытов мы, с помощью секундомера, различных по жесткости пружин и грузов различной массы определяли время одного колебания. Вначале было проверено и подтверждено предположение о независимости периода колебаний пружинного маятника от величины начального отклонения (линейность колебаний), что дает возможность не контролировать жестко начальное отклонение при многократных измерениях периода.

Для увеличения точности измерений производилось измерение времени T_n 50 колебаний маятника, период одного колебания определялся как

$$T = T_n / n,$$

где n – количество колебаний.

Для определения точности измерений периода 10 раз измеряли время одного колебания с фиксированной массой 100 г и жесткостью 10 Н/м. Относительная точность измерений периода, рассчитанная с учетом рекомендаций, приведённых в [5] для прямых измерений, составила

$$\varepsilon = \frac{t_{0.95,9} \cdot \Delta T}{\langle T \rangle} \cdot 100 \% \approx 2 \% ,$$

где $\langle T \rangle$ – средний период за 10 измерений, $t_{0.95,9} = 2,262$ – коэффициент Стьюдента.

На рис. 3 приведены графики экспериментально полученных зависимостей периода колебаний пружинного маятника от массы груза и жесткости пружины, а также приведены линейные регрессии, построенные по экспериментальным данным средствами компьютерной программы MS Excel. Экспериментальное исследование подтверждает зависимости, полученные в ходе компьютерного моделирования, и так же в пределах точности измерений хорошо согласуется с теоретическими выводами $T \cong \sqrt{m/k}$.

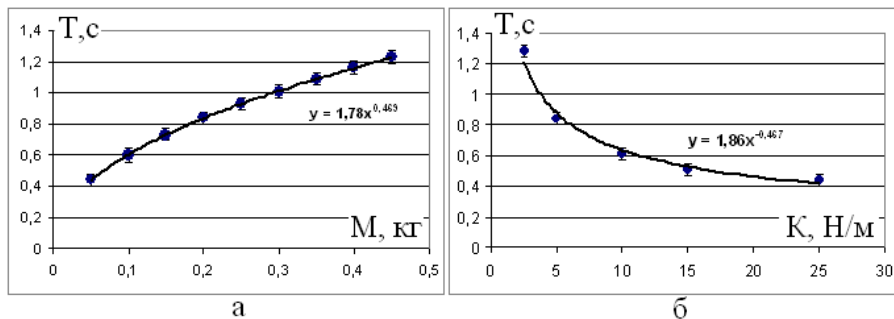


Рис. 3. Экспериментальные зависимости периода колебаний от массы груза (а) и жесткости пружины (б)

Таким образом, в ходе выполнения исследовательской работы изучены колебательные движения и их характеристики; в результате численного моделирования сделан вывод о характере зависимости периода колебаний пружинного маятника от параметров системы; проведен ряд экспериментов, результат которых согласуется с теоретическими выводами.

Литература

1. Лишевский В. Колебания. // Наука и жизнь, 1988. № 1.
2. Перышкин А.В. Физика. 9 класс. – М.: Дрофа, 2005.
3. Гребенев И.В., Лозовская Л.Б., Оболенская Е.А. Применение информационных технологий на уроке физики в 9 классе // Материалы по теории и методике обучения физике. – Нижний Новгород, 2005. Вып. 6.
4. Шун Т. Решение инженерных задач на ЭВМ: практическое руководство. – М.: Мир, 1982.
5. Худсон Д. Статистика для физиков. – М.: Мир, 1968.

Измерение в стеклах оптических искажений, вызванных изменениями температуры

Селезнёв Алексей

10 класс

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



В ходе проведенной работы был разработан способ определения показателя преломления n , коэффициента теплового расширения α , изменения показателя преломления в зависимости от температуры $\frac{\partial n}{\partial T}$. Экспериментально изме-

рены значения набега фазы для пластины из стекла К8 при её различной температуре, измерен показатель преломления при комнатной температуре. На основе полученных данных вычислены оптические характеристики исследуемого элемента: коэффициент теплового расширения α и изменение показателя преломления в зависимости от температуры $\frac{\partial n}{\partial T}$.

На сегодняшний день в отраслях физики, связанных с изучением оптических явлений важно точно определять для различных оптических сред такие параметры, как показатель преломления n , коэффициент теплового расширения α , изменение показателя преломления в зависимости от температуры $\frac{\partial n}{\partial T}$. В этой связи в нашей работе были поставлены следующие цели:

- 1) Экспериментально получить значения набега фазы для стеклянной пластины при её различной температуре.
- 2) Обработать их при помощи специальной компьютерной программы.
- 3) На основе полученных данных вычислить оптические характеристики исследуемого образца.

Для определения данных оптических параметров нами была разработана математическая модель. Рассмотрим фазовые искажения (набеги фазы), полученные при отражении от задней поверхности образца. При этом излучение проходит через верхнюю поверхность образца, проходит через объем, отражается от задней поверхности, проходит еще раз через объем образца и выходит из него. Пусть $\varphi_{об}(T_0)$ – набег

фазы при температуре T_0 , $\varphi_{об}(T_1)$ – набег фазы при температуре T_1 . Тогда:

$$\frac{\varphi_{об}(T_0)}{k} = n_{возд} S + n_0 \cdot 2L_0, \quad (1)$$

$$\frac{\varphi_{об}(T_1)}{k} = n_{возд} S + n_0 (1 + \beta \Delta T) L_0 (1 + \alpha \Delta T), \quad (2)$$

где $n_{возд}$ – показатель преломления воздуха, S – путь, пройденный лучом по воздуху от источника до камеры, L_0 – начальная высота пластины при температуре T_0 , $\Delta L = L_0(\alpha \Delta T)$ – изменение высоты пластины за счет изменения температуры, α – коэффициент линейного расширения образца, $\beta = \frac{\partial n}{\partial T}$ – зависимость показателя преломления от температуры. Причем $n(T_1) = n_0(1 + \beta \Delta T)$ и $L(T_1) = L_0(1 + \alpha \Delta T)$ соответственно показатель преломления и высота образца при температуре T_1 , n_0 – показатель преломления стекла при температуре T_0 , k – волновой вектор.

Вычитая из выражения (2) выражение (1) получаем:

$$\begin{aligned} \frac{\delta \varphi_{об}}{k} &= \frac{\varphi_{об}(T_1) - \varphi_{об}(T_0)}{k} = -n_{возд} L_0 \alpha \Delta T + 2n_0 L_0 \alpha \Delta T + 2n_0 L_0 \beta \Delta T = \\ &= (2n_0 - n_{возд}) L_0 \alpha \Delta T + 2n_0 L_0 \beta \Delta T. \end{aligned} \quad (3)$$

Далее рассмотрим фазовые искажения, полученные излучением при отражении от верхней поверхности исследуемого образца. Пусть $\varphi_{нов}(T_0)$ – набег фазы при температуре T_0 , $\varphi_{нов}(T_1)$ – набег фазы при температуре T_1 . Тогда:

$$\frac{\varphi_{нов}(T_0)}{k} = n_{возд} S, \quad (4)$$

$$\frac{\varphi_{нов}(T_1)}{k} = n_{возд} (S - L_0 \alpha \Delta T), \quad (5)$$

где $n_{возд}$ – показатель преломления воздуха, S – путь, пройденный лучом от источника до камеры, L_0 – начальная высота пластины. Вычитая из выражения (5) выражение (4) получаем:

$$\frac{\delta \varphi_{нов}}{k} = \frac{\varphi_{нов}(T_1) - \varphi_{нов}(T_0)}{k} = L_0 \alpha \Delta T n_{возд}. \quad (6)$$

Разделив выражение (3) на выражение (6) получим:

$$\frac{\delta\varphi_{об}}{\delta\varphi_{пов}} = \frac{2n_0 - n_{возд}}{n_{возд}} + \frac{2n_0 \cdot L_0\beta}{n_{возд} \cdot L_0\alpha}. \quad (7)$$

Мы имеем два независимых выражения (3) и (7) и три неизвестных L_0 , α , β . Отсюда можно получить значения двух комбинаций неизвестных $L_0\alpha$ и $L_0\beta$, или отношение $\frac{\beta}{\alpha}$:

$$L_0\alpha = \frac{\delta\varphi_{пов}}{n_{возд}\Delta Tk}, \quad (8)$$

$$L_0\beta = \frac{\delta\varphi_{об}}{2n_0\Delta Tk} - \frac{\delta\varphi_{пов}}{2n_0\Delta Tk} \left(\frac{2n_0}{n_{возд}} - 1 \right), \quad (9)$$

$$\frac{\beta}{\alpha} = \left(\frac{\delta\varphi_{об}}{\delta\varphi_{пов}} - \frac{2n_0 - n_{возд}}{n_{возд}} \right) \frac{n_{возд}}{2n_0}. \quad (10)$$

Для измерения указанных величин нам необходимо вычислить значения набега фазы $\Delta\varphi$ для исследуемого элемента и показатель преломления n_0 . Величину $\Delta\varphi$ определяли интерферометрическим методом. Для этого нами использовался модифицированный интерферометр Физо. Принцип действия данного прибора аналогичен схеме, предложенной знаменитым французским физиком Арманом Ипполитом Луи Физо.

Показатель преломления n_0 мы измерили посредством рефрактометра марки ИРФ-454Б2М. Принцип его действия основан на явлении полного внутреннего отражения света. Измерения проводились при нормальных условиях 3.02.09, и в ходе них нами было определено значение показателя преломления при температуре $T = 24^\circ\text{C}$, равное $n_0 = 1.517$.

Непосредственно сам эксперимент проходил в несколько стадий. Сначала мы помещали образец в морозильную камеру на сорок минут. Этого времени вполне достаточно для того, чтобы исследуемый элемент приобрел температуру значительно ниже комнатной. Затем мы, вынув образец из морозилки, подсоединяли к нему прибор для измерения температуры. Далее образец помещали в установку и настраивали интерференционную картину его поверхности. Мы добивались этого путем совмещения бликов от эталона и верхней поверхности исследуемого стекла. После этого подавалось напряжение на пьезодатчик, что приводило к изменению расстояния между двумя полупро-

зрачными зеркалами узла совмещения волновых фронтов, и, соответственно, изменялась разность хода между интерферируемыми лучами. Важно отметить тот факт, что температура образца быстро повышалась, и было необходимо произвести все измерения до достижения элементом комнатной температуры.

Сначала нами был записан ролик, содержащий 200 интерференционных картин, отличающихся константной задержкой по фазе, и при этом была определена температура образца. Она составила 18,8 °С. Такое количество интерференционных картин было выбрано для повышения точности эксперимента. Чем большее количество картин будет получено, тем с большей точностью мы сможем судить об искажениях поверхности. Обработывая полученные картины посредством специальной компьютерной программы, мы получили по 16 картин с распределением фазовых искажений. При обработке распределения фазовых искажений отраженного от образца луча были определены средние искажения фазы при отражении излучения от верхней поверхности образца при температуре 18,8 °С. Мы повторили ту же последовательность действий, получив распределения фазовых искажений при температурах 20,3 °С и 21,4 °С соответственно. Значения температур были определены случайным образом. Далее мы повторно помещали образец в морозильную камеру сроком на сорок минут, после чего вновь подключали измеритель температуры и настраивали интерференцию, совмещая блики уже от нижней поверхности образца и эталона, и повторяли ту же последовательность действий, что и в первом случае. При этом проводить измерения мы были обязаны при тех же температурах, что и в первом случае.

Во второй стадии эксперимента нам предстояло вычислить оптические характеристики исследуемой пластины из стекла – показатель преломления n , коэффициент теплового расширения α , изменение показателя преломления в зависимости от температуры $\frac{\partial n}{\partial T}$ (β). Для этого необходимо воспользоваться формулами (8)–(10).

При $n_{возд} = 1,0002765$, $n_0 = 1,517$, преобразовав результаты, полученные в ходе первой стадии эксперимента, посредством компьютерной программы, мы имеем: при изменении температуры с 18,8 °С до 20,3 °С $\delta\varphi_{нов}/k = -0.1039$ нм, при том же изменении температуры

$$\varphi_{об}/k = -0.0041 \text{ нм}, \Delta T_1 = 1,5, k = \frac{2\pi}{\lambda}. \text{ Отсюда:}$$

$$L_0\alpha (\Delta T_1)=0.0693, \quad L_0\beta (\Delta T_1)=0.0247, \quad \frac{\beta}{\alpha} (\Delta T_1)=0.3562,$$

при изменении температуры с 18,8 °С до 21,4 °С $\delta\varphi_{\text{нов}}/k = -0.09723$, $\varphi_{\text{об}}/k = -0.092844$. Отсюда:

$$L_0\alpha (\delta T_2)=0.0374, \quad L_0\beta (\delta T_2)=0.0363, \quad \frac{\beta}{\alpha} (\delta T_2)=0.9698.$$

Для того чтобы удостовериться в точности данных, полученных в ходе эксперимента, мы сравнили их с данными из литературы ($\alpha = 7,1 \cdot 10^{-6}$, $\beta = 2,4 \cdot 10^{-6}$, $\frac{\beta}{\alpha} = 0.2857$). Расхождение наших результатов от приведенных в литературе можно объяснить тем, что мы не учитывали неравномерное распределение температуры в образце, возникающее при его нагреве, которое приводит к неравномерному изменению показателя преломления и неоднородному искривлению верхней и нижней поверхностей оптического элемента.

Результаты. В ходе проведенной работы мы смогли решить поставленные задачи. Получены картины с распределением фазовых искажений для пластины из стекла К8 при её различной температуре. Экспериментально измерены значения набега фазы для этого образца. Разработан способ определения температуры образца. Вычислены оптические характеристики исследуемого элемента: показатель преломления n , коэффициент теплового расширения α , изменение показателя преломления в зависимости от температуры $\frac{\partial n}{\partial T}$. Разработан способ определения указанных характеристик.

Литература

1. *Мякишев Г., Синяков А.* Учебник физики для 10 класса // Молекулярная физика. Термодинамика. Тепловое расширение твердых и жидких тел. – М., 2006. – С. 317–326.
2. *Ландсберг Г.* Элементарный учебник физики // Т. 1. Раздел 2. Теплота. Молекулярная физика. – М., 1995. – С. 378–392.
3. *Ландсберг Г.* Элементарный учебник физики // Т. 3. Раздел 1. Интерференция волн. – М., 1995. – С. 115–138.
4. *Ландсберг Г.* Элементарный учебник физики // Т. 3. Раздел 3. Поляризация света и поперечность световых волн. – М., 1995. – С. 367–373.
5. *М. Борн, Э. Вольф.* Основы оптики // Гл. 7. Интерференция и интерферометры. – М., 1973. – С. 242–297.



Исследование уровней электромагнитного излучения гарнитуры Bluetooth и базовых станций

Сидоров Дмитрий

9 класс

Научный руководитель Д.В. Коротаев,
мл. научный сотрудник ИПФ РАН

В работе представлено исследование электромагнитного поля гарнитуры Bluetooth и базовой станции. Работа включает в себя теоретическую часть, эксперимент и графики измерений. В результате исследования, проведённого методом изучения теоретических материалов, и постановки эксперимента были сделаны следующие выводы: базовая станция не влияет на здоровье людей, живущих на верхних этажах здания, на котором установлена БС; базовая станция не влияет на здоровье прохожих; гарнитура Bluetooth гораздо безопаснее мобильного телефона.

Уже два десятка лет мы пользуемся мобильными телефонами. При этом мобильная индустрия постоянно развивается. Громоздкие «кирпичи» превратились в элегантные карманные телефоны. Однако уже несколько лет идут споры об их безопасности. Дело в том, что электромагнитное излучение мобильных телефонов скорее всего может наносить вред головному мозгу.

В чём же выражается опасность излучения мобильных телефонов, а в данном случае гарнитуры Bluetooth и базовых станций? Поскольку в России принят стандарт мобильной связи GSM 900, то базовые станции излучают на частоте 900 МГц, то есть на сверхвысокой (СВ) частоте, так же и гарнитура Bluetooth излучает на СВ-частоте (собственная частота гарнитуры 2,4 ГГц), то есть эти приспособления будут нагревать человеческие ткани, как микроволновая печь. В Европе мерой мощности излучения принята единица SAR (Specific Absorption Rates – удельный коэффициент поглощения), в Европе норма до 0,8 Вт/кг ≈ 400 мкВт/см² [4]. В России применяются единицы ППЭ – плотности потока энергии (мкВт/см²): предел по СанПиН 2.2.4.1191-03 (ЭМИ РЧ) равна 25 мкВт/см², рекомендованный уровень 10 мкВт/см². Для измерения ППЭ мы использовали измеритель уровней электромагнитного излучения ПЗ-31.

Bluetooth – производственная спецификация беспроводных персональных сетей Bluetooth обеспечивает обмен информацией между та-

кими устройствами как карманные и обычные персональные компьютеры, мобильные телефоны, ноутбуки, принтеры, цифровые фотоаппараты, мышки, клавиатуры, джойстики, наушники. Bluetooth позволяет этим устройствам сообщаться, когда они находятся в радиусе до 1–100 метров друг от друга (дальность очень сильно зависит от препятствий и помех), даже в разных помещениях.

Таблица 1. Классификация приборов Bluetooth

Класс	Максимальная мощность, мкВт	Радиус действия (приблизительно), м
1	100	100
2	2,5	10
3	1	1

Радиосвязь Bluetooth осуществляется в ISM-диапазоне (англ. Industry, Science and Medicine), который используется в различных бытовых приборах и беспроводных сетях (свободный от лицензирования диапазон 2,4–2,48 ГГц).

Для определения ППЭ электромагнитного излучения гарнитуры Bluetooth мы решили провести эксперимент. Цель эксперимента: исследовать электромагнитное излучение Bluetooth:

- 1) на различных расстояниях между телефоном и устройством Bluetooth,
- 2) в режимах разговора и ожидания.

Для проведения эксперимента мы использовали связку телефон – гарнитура SonyEricsson W300 I – Jabra BT 125.

Первые два эксперимента были посвящены измерению плотности потока энергии излучения от мобильного телефона, работающего в режиме Bluetooth (чтобы в результат измерений не вошло излучение с мобильного телефона, работающего в данный момент не только в этом режиме, мы настроили прибор на частотную полосу 2,4–2,48 ГГц) на расстоянии 60 см от телефона и гарнитуры (это приблизительное расстояние между ухом человека и поясом; учитывать расстояние важно, поскольку чем больше расстояние, тем хуже связь, а следовательно, больше выходная мощность) в режиме ожидания, другие два на расстоянии 60 см от телефона и гарнитуры в режиме разговора, а последний был проведён только с гарнитурой в режиме разговора при расстоянии 6 метров (рис. 1–3).

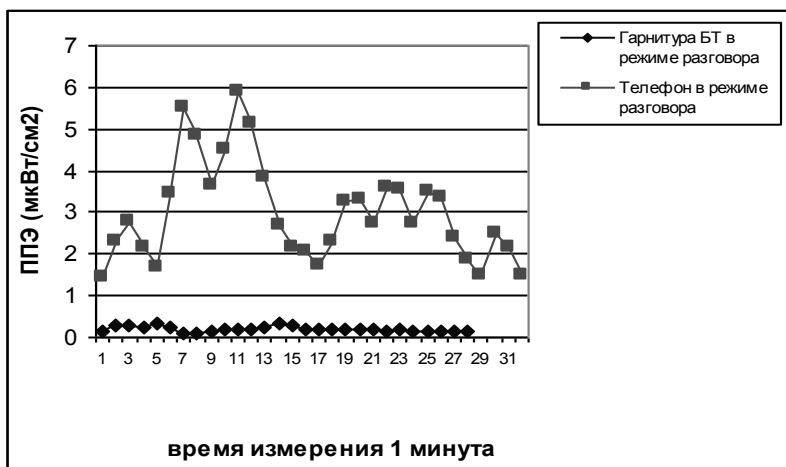


Рис. 1. Измерение плотности потока энергии излучения от мобильного телефона, работающего в режиме Bluetooth на расстоянии 60 см от телефона и гарнитуры в режиме ожидания

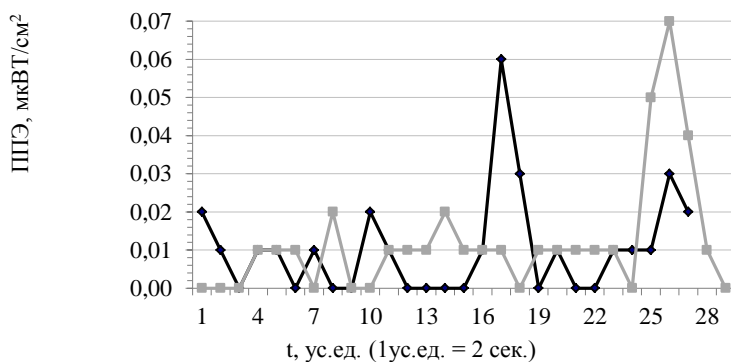


Рис. 2. Измерение плотности потока энергии излучения от мобильного телефона, работающего в режиме Bluetooth на расстоянии 60 см от телефона и гарнитуры в режиме разговора

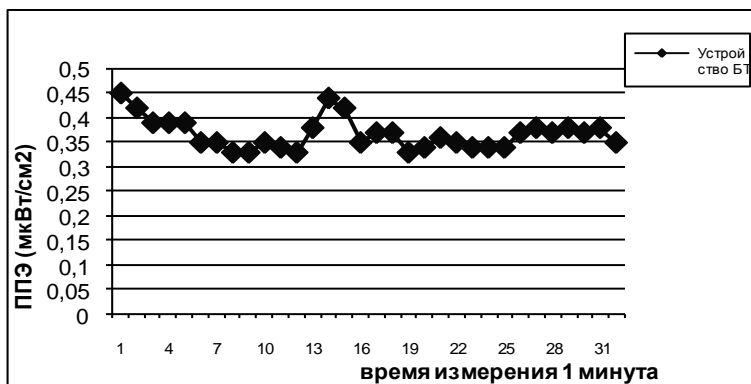


Рис. 3. Измерение плотности потока энергии излучения от гарнитуры в режиме разговора при расстоянии 6 метров

Как видно из графиков, плотность потока энергии, излучаемой гарнитурой, гораздо меньше СанПиНа РФ, но не надо считать, что пользоваться Bluetooth можно постоянно, поскольку излучение даже в очень небольших дозах небезопасно. Но всё же, если делать выбор между использованием телефоном или гарнитурой, стоит выбрать гарнитуру, она гораздо безопаснее. К примеру ППЭ телефона в начальный момент приёма вызова в наших экспериментах доходила до 120 мкВт/см².

Базовые станции. Как известно, без БС не осуществляется связь между телефонами. Мощность излучения БС просто огромна на небольших расстояниях (напоминаю, что мощность излучения уменьшается пропорционально квадрату расстояния), при этом их обычно ставят на крышах зданий, что потенциально опасно для прохожих и жителей верхних этажей зданий, а следовательно, проблема с мощностью излучения БС очень актуальна (рис. 4).



Рис. 4. БС на крыше ИПФ РАН

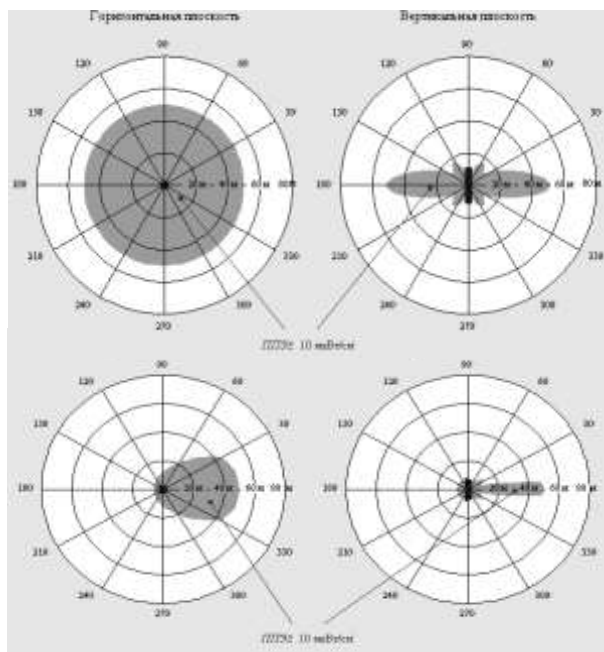


Рис. 5. Диаграммы излучения базовых станций в различных плоскостях

Как видно из рис. 5, БС в основном излучает в горизонтальном направлении, а не вертикальном. Излучение 25 мкВт/см^2 идёт вниз от БС на 0,5 м, то есть излучение антенн базовых станций не оказывает существенного влияния на людей живущих и работающих в помещениях под ними и рядом с ними, если, конечно, антенны установлены с соблюдением соответствующих установленных законом правил.

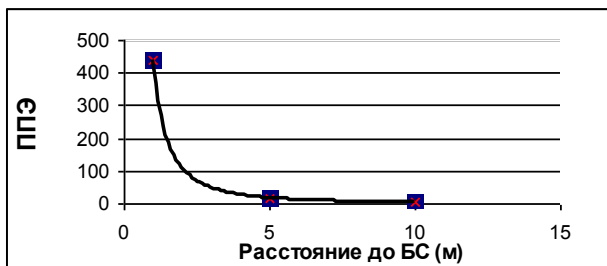


Рис. 6. Зависимость ППЭ от расстояния до базовой станции

В эксперименте измерили ППЭ БС в зависимости от расстояния до неё, по результатам был построен график зависимости ППЭ от расстояния до базовой станции (рис. 6).

По результатам исследования были сделаны следующие выводы и рекомендации:

- излучение антенн базовых станций не оказывает существенного влияния на людей живущих и работающих в помещениях под ними и рядом с ними, если, конечно, антенны установлены с соблюдением соответствующих установленных законом правил.
- во время разговора по «мобильнику» пользуйтесь специальными приспособлениями, в частности «Блютус» (Bluetooth), позволяющими держать сам телефонный аппарат на расстоянии. Наиболее эффективная удаленность от телефона – 1 метр.
- соблюдайте меры предосторожности при работе на крыше с находящейся на ней антенной базовой станции.

Литература

1. *Баскаков С.И.* Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Высшая школа, 1992. – 421с.
2. *Кочержевский Г.Н.* Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1972. – 470 с.
3. *Крушевский Ю.В., Кравцов Ю.И., Бородай Я.А.* Влияние электромагнитного излучения устройств сотовой связи на человека.
4. Сотовые телефоны. – Режим доступа: <http://electromag.by.ru/sar.html>.
5. spb-centr.ru
6. *Вдовин В.Ф.* Сказки и правда про пользу и вред мобильных телефонов. Лекция. [Электронный ресурс].
7. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) http://www.vashdom.ru/sanpin/224_218055-96/



Изучение явления капельной радуги

Сироткин Дмитрий

7 класс

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

Исследование посвящено изучению теоретических основ процесса возникновения капельной радуги (как первичной, так и вторичной), её моделированию с помощью подручных средств и экспериментальному определению величины углов отражения света в капле.

Люди издавна восхищались радугой. О ней было сложено много мифов, легенд, сказаний. И когда Ньютон объяснил миру появление радуги, его даже упрекали – зачем он разрушил сказку и изучил её? Впрочем, попытки исследования радуги делались и раньше – Декартом, арабскими исследователями и другими учёными. Ими было установлено множество фактов: к примеру, разделение радуг на 2 класса – капельную (ее мы можем наблюдать после дождя) и дифракционную (наблюдается на металле). Именно явление капельной радуги выбрано в качестве темы исследования. Во-первых, каждому хочется узнать природу этого удивительного эффекта. Во-вторых, тема, несомненно, актуальна, ведь радуга – одно из самых эффектных явлений оптики, раздела физики, изучающего свет. Изучая радугу, мы готовимся к пониманию очень многих оптических явлений, начинаем понимать окружающий нас мир. Целью проведенного исследования явилось изучение процесса возникновения капельной радуги (как первичной, так и вторичной), её моделирование с помощью подручных средств и экспериментальное определение величины углов отражения света в капле.

Причиной возникновения радуги является то, что солнечный свет преломляется и отражается в каплях воды, висящих в воздухе после дождя. Как известно, существуют две капельных радуги – первичная и вторичная. Вторичная радуга располагается выше первичной и порядок цветов в ней обратный (не от красного к фиолетовому, а от фиолетового к красному). При первичной радуге свет преломляется, как на рис. 1, а при вторичной – как на рис. 2.

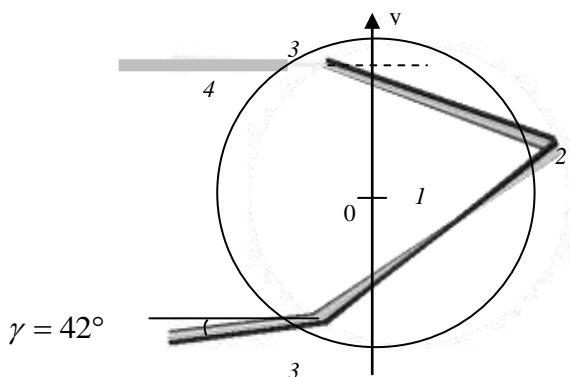


Рис. 1. Образование первичной радуги [4]

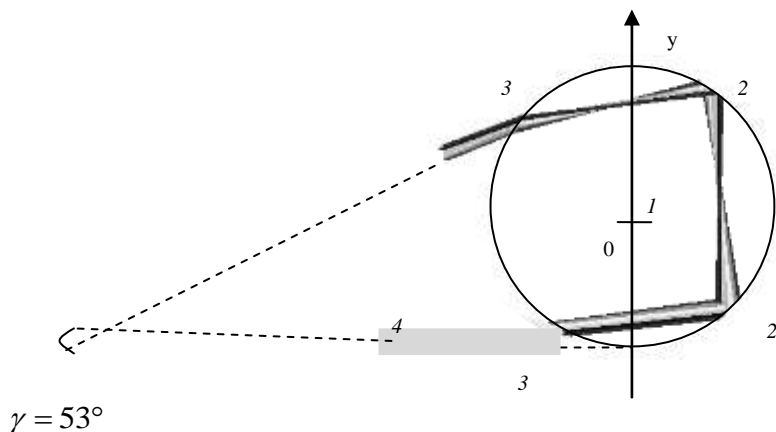


Рис. 2. Образование вторичной радуги [4]:

1 – капля; *2* – отражение света в капле (внутреннее отражение), *3* – преломление света при входе и выходе из капли, *4* – падающий на каплю солнечный свет

Ещё Декарт доказал, что $\angle Y \approx 42^\circ$ при первичной радуге, а $\angle Y_1 \approx 53^\circ$ при вторичной радуге. Конечно, угол выхода луча из капли зависит от так называемого прицельного параметра, равного положению входящего луча на оси ординат, где нулевой точкой является центр капли, а единицей – радиус капли. Но, как показывают математические расчеты, большинство выходящих лучей фокусируются (концентрируются) вблизи направлений, указанных на рис. 1 и 2. Чтобы они попали в глаз наблюдателя, то есть чтобы мы смогли увидеть

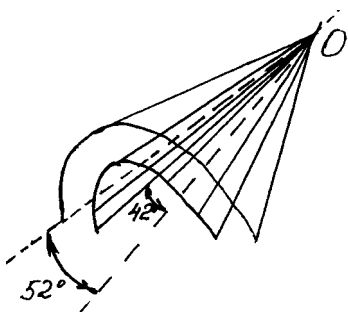


Рис. 3. Расчет углов между линией взгляда и воображаемым конусом [3]

радугу, надо, чтобы прямая, проходящая через солнце и глаз наблюдателя и воображаемый конус, образованный радугой в его основании и наблюдателем в вершине (рис. 3), составлял 42° для первичной радуги и 53° для вторичной (само собой, луч, выходящий из капли, не обязательно может выходить строго вниз (то есть именно поэтому мы видим радугу в виде дуги), главное, чтобы углы, образующиеся входящим и выходящим лучами были равны соответственно 42° и 53°).

Действительно, в противном случае все лучи, сфокусированные в этом направлении, пройдут мимо нашего взгляда, следовательно, радугу мы не увидим.

Очевидно, источник света (солнце) находится за спиной у наблюдателя. Действительно, в противном случае радуга сама окажется за спиной у наблюдателя.

При выходе из капли свет разлагается в спектр на границе двух сред: воздушной и водной (капли). Чтобы понять, почему во вторичной радуге цвета расположены в обратном порядке, посмотрим на рис. 4, 5. Поскольку у разных цветов показатели преломления разные, то на выходе мы видим не белый, а разноцветный луч. На самом деле цветов в радуге не семь, так как спектр их непрерывен (выделить семь цветов предложил итальянец Франческо Мавролик). Длина волны⁵² красного света (650–780 нм) больше длины волны фиолетового (380–420 нм), значит, показатель преломления⁵³ красного цвета в воде ($n = 1,331$) меньше показателя преломления фиолетового цвета в воде ($n = 1,344$), т. е. $\alpha_k > \alpha_f$ (рис. 4)⁵⁴. Тогда из рис. 5, 6 следует, что цвета во вторич-

⁵² Так как свет, по сути, – перемещение электромагнитных возмущений, то длина волны света – расстояние между ближайшими пиками этих возмущений.

⁵³ Показатель преломления равен $\sin \alpha / \sin \gamma$, где α – угол падения света, а γ – угол его преломления. Так как в данном случае $\alpha > \gamma$, то показатель преломления, равный $\sin \alpha / \sin \gamma$, больше единицы.

⁵⁴ Для большинства прозрачных сред показатель преломления тем больше, чем меньше длина волны (нормальная дисперсия). Однако у некоторых веществ есть интервалы длин волн, где показатель преломления прямо пропорционален длине волны (аномальная дисперсия).

ной радуге расположены не в обычном порядке (красный, оранжевый, желтый, зелёный, голубой синий, фиолетовый), а в обратном (фиолетовый, синий, голубой, зелёный, желтый, оранжевый, красный).

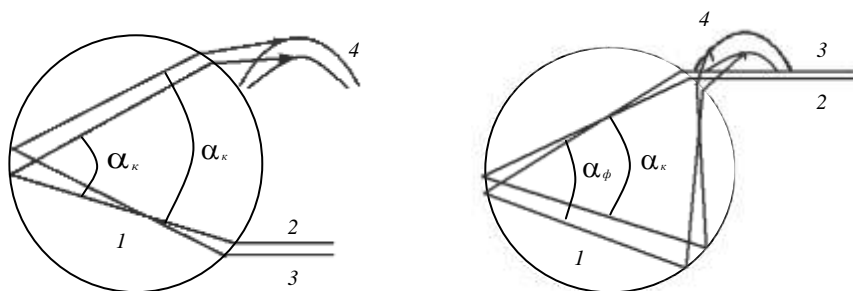


Рис. 4. Порядок цветов в первичной и вторичной радуге,
1 – капля, 2 – красный луч, 3 – фиолетовый луч, 4 – радуга

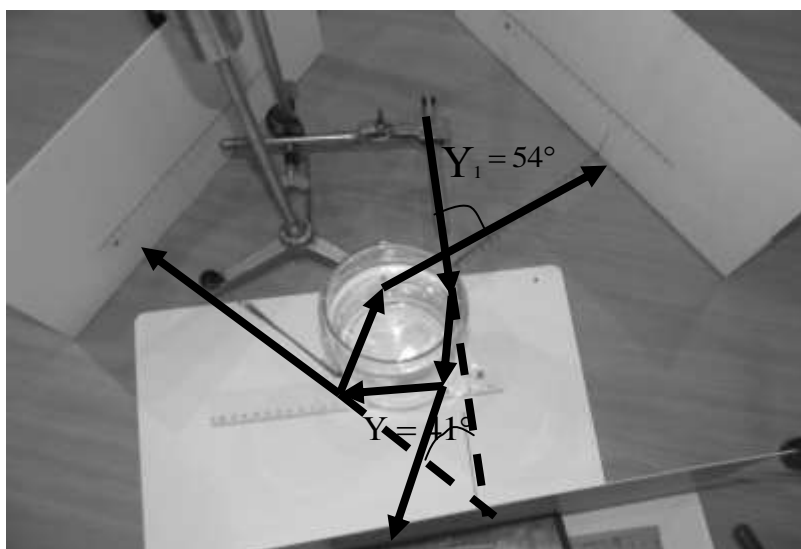


Рис. 5. Расчет углов падения и выхода луча из капли

Для экспериментального исследования причин возникновения капельной радуги нами была использована стеклянная цилиндрическая

банка с водой⁵⁵, имитирующая каплю в двух измерениях. Мы закрепили на штативе лазерную указку и направили свет на каплю, как показано на рис. 5.

В результате передвижения «капли» на линейках образовалось три преломленных луча отражения. Зависимость положений отражений на линейках от положения капли показана на графике (рис. 6) на основе данных таблицы 1.

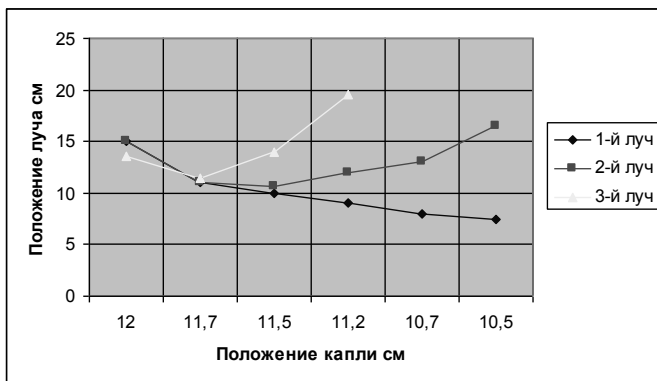


Рис. 6. Зависимость положения лучей от положения капли

Таблица 1. Зависимость положения лучей от положения капли

капля	1-й луч	2-й луч	3-й луч
	15	15	13,5
11,7	11	11	11,5
11,5	10	10,7	14
11,2	9	12	19,5
10,7	8	13	размыто
10,5	7,5	16,5	размыто

Мы убедились, что луч 1 движется по линейке монотонно, а лучи 2 и 3 имеют «поворотный» момент, когда их положение на линейке начало увеличиваться. Этот момент является моментом фокусировки,

⁵⁵ Показатель преломления стекла приблизительно равен показателю преломления воды, следовательно, искажения результатов почти не будет.

так как мы заметили, что именно в этой точке луч наименее размыт, а значит, он там наиболее яркое, поскольку туда попало (сфокусировалось) наибольшее количество лучей света.

Тот же опыт был проделан с белым светом, источником которого являлся фонарик. Капля была поставлена так, чтобы оба луча оказались в месте их фокусировки. Действительно, в точку фокусировки попадает наибольшее количество лучей, следовательно, там радуга ярче всего. Мы получили две радуги – первичную и вторичную. Заметили, что порядок цветов относительно наблюдателя действительно разный (у первичной – от красного до фиолетового, а у вторичной – от фиолетового до красного, то есть в обратном порядке).

Таким образом, в результате угол $\angle Y \approx 41^\circ$ при первичной радуге, а $\angle Y_1 \approx 54^\circ$ при вторичной радуге.

Отметим, что результаты исследования несколько отличаются от ожидаемых (примерно на один градус). Можно указать как минимум две причины этого отличия. Первая причина: угол, образованный взглядом и поверхностью стола, не точно прямой, то есть картинка несколько искажена и измерение углов неточно. Вторая причина: показатель преломления стекла лишь приблизительно равен показателю преломления воды, следовательно, небольшая погрешность всё же будет. Если не принимать во внимание указанные погрешности, можно сделать вывод о том, что угол между лучом падающего света и его выходом из капли $\angle Y \approx 42^\circ$ при первичной радуге, а аналогичный угол при вторичной радуге $\angle Y_1 \approx 53^\circ$.

Таким образом, в ходе исследования нами получены следующие результаты:

- исследована траектория хода луча в капле и обоснована причина возникновения радуги, а именно – различная длина волны различных цветовых участков белого цвета и, как следствие, различные показатели преломления различных цветовых участков белого цвета в воде, из-за чего при выходе из капли свет раскладывается в спектр различных цветовых участков белого цвета;
- исследовано чередование цветов в первичной и вторичной радугах;
- осуществлено построение модели радуги, в результате которого были установлены углы между лучом падающего света и его выходом из капли равные соответственно 42 и 53 градусам.

Литература

1. Энциклопедия для детей. Том 16. Физика. Ч. 2. Электричество и Магнетизм. Термодинамика и квантовая механика. Физика ядра и элементарных частиц. – 2-е изд., испр. / Под ред. М. Аксеновой, В. Володина, А. Элионович и др. – М.: Аванта+, 2005.
2. Новый иллюстрированный энциклопедический словарь / Под ред. В. Бородулина, А. Горкина, А. Гусева, Н. Ланда и др. – М.: Большая Российская энциклопедия, 2005.
3. *Чемоданов В.С.* Искусственная радуга как объект для определения длины световой волны. Творческо-исследовательская работа. 2002.
4. Электронная энциклопедия <http://www.ru.wikipedia.org>
5. Сайт национального центра атмосферных исследований <http://eo.ucar.edu>
6. Образовательный ресурс Atmospheric Optics <http://www.atoptics.co.uk>

Исследование явления сверхудара

Спивак Алексей

7 класс

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



В работе проведено исследование сверхудара – явления, при котором тело, брошенное с начальной высоты, после отскока от твёрдой поверхности достигнет конечной высоты, которая (по теории) в девять раз больше начальной. Проведены сравнения между теоретическими и экспериментальными результатами. Оказалось, что существенный вклад в уменьшение экспериментальных конечных высот по сравнению с теоретическими вносят сопротивление воздуха, переход части механической энергии в другие формы, деформация тел при ударе, то есть те факторы, которыми в теории пренебрегают.

Удары – это одно из часто наблюдаемых явлений. Мы наблюдаем соударения крупных тел, например при столкновении автомобилей. Мы используем свойства ударов при забивании свай для фундамента дома. В мире малых тел – атомов и молекул – удары играют важную роль в понимании таких свойств вещества, как, например, установление температуры, строение и структура веществ (например, газов) на основе молекулярно-кинетической теории, в которой молекулы (атомы) рассматриваются как шарики правильной формы, электрически нейтральные, идеально упругие. Такие молекулы подвержены лишь механическим соударениям и не испытывают никаких электрических сил взаимодействия. Поэтому исследование соударений важно как с практической, так и с научно-исследовательской стороны.

Наблюдая удар о твердую горизонтальную поверхность теннисного шарика, падающего без начального толчка, можно заметить, что шарик всегда подскакивает на меньшую высоту, чем начальная. А можно ли заставить шарик, падающий без начальной скорости, подскакивать на высоту, большую начальной? Оказывается, можно. Такое явление получило название явления *«сверхудара»*: когда на землю падает конструкция из двух шариков, причем более массивный шарик находится ниже менее массивного. Мы решили исследовать это явление более детально.

Явление сверхудара – это явление, при котором тело, брошенное с начальной высоты, после отскока получит скорость, с помощью кото-

рой тело сможет перелететь свою первоначальную высоту. Самый лёгкий способ моделирования этого явления – это пуск системы из двух упругих тел. Снизу должно быть тело большей массы по сравнению с верхним. Здесь очень важен закон всемирного тяготения. Согласно этому закону, силы притяжения между телами тем больше, чем больше массы этих тел. Сила притяжения между телами уменьшается, если увеличивается расстояние между ними [1].

Еще в XVII веке великие ученые Гюйгенс, Кристофер Рен, Валлис формулировали законы ударов упругих тел. Гюйгенс предложил остроумный метод выведения законов удара из одного основного положения, без принятия в расчет молекулярных процессов. Это основное положение гласит: два равных упругих тела, ударяющиеся друг о друга с противоположными и равными скоростями, отскакивают одно от другого с теми же скоростями. Позже ученый прибавил к частным законам удара два общих положения:

1) количество движения постоянно только в том случае, когда в расчет принимается алгебраическая сумма количеств движения;

2) при ударе упругих тел сумма произведений масс на квадраты соответствующих скоростей остается равной до удара и после него [2].

В ходе работы попробуем проверить экспериментально следующие предположения. Упругое тело при падении будет увеличивать скорость за единицу времени на одну и ту же величину (при идеальных условиях). При столкновении с землёй тело произведёт абсолютно упругий удар (скорость после отскока будет равна скорости до удара, но противоположной – при идеальных условиях). После этого тело достигнет своей начальной высоты. Второе предположение – упругое тело будет отскакивать от другого, более тяжелого упругого тела, благодаря этому первое тело будет развивать скорость в два раза больше относительно второго тела и в три раза относительно поверхности Земли, благодаря этому тело, которое имеет меньшую массу, подскочит на высоту, которая выше начальной высоты.

Составим систему из двух упругих тел одинакового объема, но с разными массами. После запуска системы из двух тел, где лёгкое тело будет сверху, а тяжёлое снизу, она будет распадаться. Из-за силы тяжести тело с большей массой будет быстрее набирать скорость, а значит, оно раньше ударится о твёрдую плоскую поверхность, в то время как лёгкое тело будет ещё падать. После отскока от поверхности тяжёлое тело должно лететь навстречу лёгкому и для тела с меньшей массой оно будет плоской твёрдой поверхностью, которая должна дви-

гаться со скоростью V . После столкновения лёгкое тело должно приобрести относительно тяжёлого тела скорость $2V$, а относительно поверхности Земли – $3V$. В идеальном случае в безвоздушном пространстве при пренебрежении деформацией тел, потерями скорости при столкновении тел у тела с меньшей массой его конечная высота будет в девять раз больше начальной высоты.

Экспериментальная часть. Докажем экспериментально теорию об абсолютно упругом ударе. По очереди будем отпускать мячики разных масс с определённых начальных высот. Предполагается, что после отскока мячики будут достигать своих начальных высот. Используем лёгкий мячик для настольного тенниса, тяжёлый резиновый шарик, или попрыгунчик, и измерительную линейку (метр). После запуска одного мячика с большой массой с определённой высоты он начинает равноускоренное движение, то есть мячик каждую секунду увеличивает свою скорость на $9,81$ м/с [3]. После отскока от твёрдой поверхности Земли мячик начинает подниматься с неравномерной потерей энергии, то есть абсолютно упругого удара не происходит, так как в теории пренебрегают сопротивлением воздуха и деформацией тела при столкновении с твёрдой поверхностью Земли. То же самое будет происходить с мячиком с более лёгкой массой, но лёгкое тело будет падать и отскакивать дольше в отличие от тяжёлого.

В ходе эксперимента выяснилось, что конечная высота в наших условиях всегда будет ниже начальной.

Попробуем экспериментально доказать теорию о сверхударе. Составим систему из двух упругих тел одинакового объема, которые мы назовём A – мячик меньшей массы и B – мячик большей массы. Проведём серию экспериментов в две стадии.

1. Система состоит из двух мячей A и B . Мячик A находится внизу системы, а мячик B сверху. Из-за того, что мячик B находится выше мячика A , при падении верхний мячик всегда прижат к нижнему, а значит, при столкновении с упругой поверхностью практически нет отскока, не происходит передачи энергии, а значит, ни один из мячиков не достигает своей начальной высоты.

2. После запуска системы из двух тел, где мячик A сверху, а мячик B снизу, она будет распадаться. Проверим экспериментально наше предположение о том, что в идеальном случае в безвоздушном пространстве при пренебрежении деформацией тел, потерями скорости при столкновении тел у тела с меньшей массой его конечная высота должна быть в девять раз больше начальной высоты.

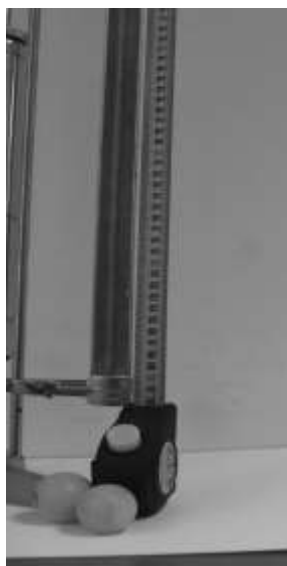


Рис. 1. Экспериментальная установка для исследования явления сверхудара

Используем лёгкий мячик для настольного тенниса, тяжёлый резиновый шарик, или попрыгунчик, измерительную линейку (рулетку), железную установку, на которой установлена специальная стенка, которая будет снижать возможность отклонения конструкции из двух шариков (рис. 1).

Фиксируем конструкцию из мячей (лёгкий шарик вверху, а тяжелый внизу) на начальной точке. Высчитываем начальную высоту с помощью формулы: $H_0 = X_0 - X$ (H_0 – начальная высота, X_0 – наименьшая точка, X – начальная точка). Затем отпускаем конструкцию и фиксируем конечную точку с помощью видеокамеры. Вычисляем конечную высоту по формуле: $H_1 = X_0 - X_1$ (X_1 – конечная точка, H_1 – конечная высота). Мы провели серию экспериментов с разными начальными высотами.

В ходе эксперимента (рис. 2) выяснилось, что максимальная высота, достигаемая мячиком В, составляет

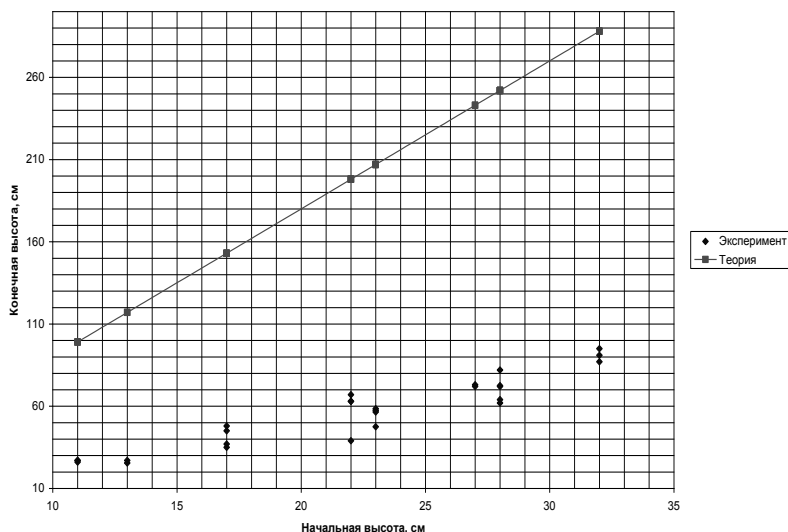


Рис. 2. Зависимость конечной высоты отскока шарика от его начальной высоты после сверхудара

три начальные высоты, а не девять, как предполагалось. Следовательно, существенную роль в потере энергии играет сопротивление воздуха, а также то, что происходит не абсолютно упругий удар, и он не является центральным (ось столкновения не проходит через центры мячиков).

Заключение. В ходе выполнения данной работы были рассмотрены явления абсолютно упругого удара и сверхудара. Были проведены серии экспериментальных исследований, в ходе которых выяснилось, что конечная высота отскока упругого тела после предполагаемого сверхудара или абсолютно упругого удара не достигает предсказанной теоретически высоты. Можно сделать вывод, что в действительности допущения, сделанные в теории сверхудара и абсолютно упругого удара, о пренебрежении сопротивлением воздуха, деформацией тела, отсутствием перехода механической энергии в какую-либо другую форму энергии должны учитываться при расчете скорости отскока, а следовательно, и конечной высоты отскока упругого тела. Следует, на наш взгляд, продолжать работу по изучению явления сверхудара и абсолютно упругого удара с учетом внешних факторов. Исходя из этого, можно рассчитывать скорости и высоты упругих тел при движении в космосе, атомов, молекул и наночастиц при технологических процессах и т. п.

Литература

1. *Перышкин А.В.* Физика. Учебник для 7 класса. – М.: Дрофа. 2008. – 192 с.
2. *Розенбергер Ф.* История физики / Под ред. И.Сеченова. – М.: Государственное технико-теоретическое издательство, 1933. – 448 с.
3. *Элементарный учебник физики. Том 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика.* / Под ред. акад. Г.С. Ландсберга. – М.: Наука. 1973. – 656 с.



Опыт Джоуля

Сучкоусов Андрей

8 класс

Научный руководитель М.А. Балакин

В работе сделана попытка провести классический эксперимент Дж. Джоуля по вычислению механического эквивалента теплоты. Мы не стремились воссоздать исторически адекватный эксперимент с применением оригинальной методики и оборудования. Нам хотелось качественно и, по возможности, количественно подтвердить результаты эксперимента Джоуля. При проведении эксперимента наибольшую трудность мы встретили при определении КПД дрели, которую использовали как мешалку. Эксперимент показал, что нагрев воды при перемешивании действительно происходит, но количественная оценка, хотя и дала результат близкий к искомому, была затруднена малым изменением температуры воды. Погрешность эксперимента настолько высока, что формально утверждать успешность эксперимента, мы не имеем права. Однако учебные цели были выполнены и ценность работы (как учебной) безусловно велика.

Физика – наука экспериментальная и при изучении её в школе большое внимание уделяется как демонстрации экспериментов, так и описанию классических экспериментов, поставленных великими физиками [1]. Однако видимо из-за ограниченности объёмов учебников описания экспериментов сильно упрощены, грешат неточностями и, порой, просто ошибками. Поэтому попытки повторить какой-либо эксперимент обычно обречены на провал. Но тем больше и интерес в такой работе.



Рис. 1. Измерение КПД

Нами была предпринята попытка повторить опыт Джоуля. Мы не могли воссоздать эксперимент в исторически достоверной форме, но поставили задачу доказать возможность нагреть воду перемешиванием, причём доказать количественно.

Экспериментальная часть. При проведении эксперимента мы заранее изменили схему Джоуля. В качестве устройства для

размешивания жидкости был взят миксер, так как устройство для размешивания жидкости, предлагаемое в литературе по опыту Джоуля, достаточно сложно в изготовлении и, по ожиданиям, малоэффективно. Размешивать воду было решено в термосе. Так как сам эквивалент теплоты нам уже известен, то удобнее измерять время нагрева воды до определённой температуры и сравнивать со временем, рассчитанным по формуле, содержащей этот эквивалент. Перед проведением эксперимента необходимо оценить работу, производимую миксером за установленное время. Это было сделано в ходе вспомогательного эксперимента по подъёму грузика на измеренную высоту. Однако в ходе проведения эксперимента было выяснено, что применять миксер неудобно из-за малых оборотов, развиваемых им. Миксер был заменён электродрелью. Эксперимент с дрелью проходил более успешно, но мы встретили значительные трудности при определении КПД установки. Трудности были связаны именно с высокими оборотами дрели.



Рис. 2. Проведение эксперимента

Определённую проблему составлял и учёт нагрева сверла и внутреннего стакана термоса. Зная удельную теплоёмкость вещества, всегда можно рассчитать, какое количество воды имеет такую же теплоёмкость, как и данное тело (так называемый водяной эквивалент). Пусть, например, стакан калориметра сделан из латуни и имеет массу 100 г. Его теплоёмкость равна $0,100 \times 390 = 39$ Дж/К. Следовательно, водяной эквивалент этого стакана равен 39 Дж/К: $4180 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) = 0,0093 \text{ кг} = 9,3 \text{ г}$. Нагревая в таком стакане 300 г воды, можно считать, что мы нагреваем только воду, но в количестве не 300 г, а 309,3 г. Теперь можно ответить на вопрос, каким образом в опыте, описанном в § 203, Джоуль мог учесть нагревание, кроме воды, также и сосуда. Он мог сделать это, пользуясь понятием водяного эквивалента [3].

Приборы и материалы: миксер, дрель, термометр, груз, термос, фотоаппарат, тестер (2 шт.).

Ход работы

1. Измерение КПД. Производился подъём груза известной массы (0,5 кг) на известную высоту путём намотки нити на сверло дрели и

измерялись время, сила тока и напряжение (рис. 1). Для проведения этой части эксперимента задействовалось три человека: один удерживал обороты дрели на возможном минимуме, другой фиксировал время подъёма и третий снимал показания амперметра и вольтметра. Далее КПД рассчитывали по формуле:

$$\eta = \frac{A_{\text{полезн}}}{A_{\text{полн}}} = \frac{mgh}{IUt}.$$

2. Замерялась температура воды. Термометр спиртовой лабораторный опускался на 5 мин в термос с водой для установления теплового равновесия.

3. Сверло дрели (специальное, по дереву, $d = 24$ мм) опускалось в термос с водой (рис. 2). В течение 40 мин производилось перемешивание.

4. Снова замерялась температура воды. Для этого после вынимания дрели термометр быстро погружался в термос и сверху термос прикрывался тряпкой для уменьшения тепловых потерь.

Результаты эксперимента

1. Наибольшую трудность при проведении эксперимента составило определение КПД дрели. Быстрое вращение дрели не давало возможности точно отследить процесс подъёма груза на заданную высоту, резкие удары груза о сверло в конце подъёма приводили к разрывам нити. Для устранения этих проблем мы пытались ручной регулировкой добиться невысокой скорости вращения дрели, но при этом сталкивались с проблемой поддержания частоты вращения на постоянном уровне. Ввиду этих трудностей наибольшие сомнения вызывают результаты замера КПД. Тем не менее, нам удалось зафиксировать несколько замеров, при которых вращение дрели было наиболее стабильным, и расчёты показали близкие значения КПД около 2,1 %. ($h = 0,197$ м, $I = 0,34$ А, $U = 232$ В, $t = 5,81$ с)

2. Далее мы провели расчёт времени, которое потребовалось бы на нагрев воды на полученные в опыте 2°C . Для этого рассчитали эквивалентное количество воды (с учётом массы и материала сверла и внутреннего стакана термоса). Конечно, наибольшие вопросы связаны с определением массы и материала внутреннего стакана термоса

$$Q_{\text{воды}} = Q_{\text{сверла}},$$

$$c_{\text{в}} m_{\text{в}} \Delta t = c_{\text{св}} m_{\text{св}} \Delta t,$$

$$m_{\text{в}} = \frac{c_{\text{св}}}{c_{\text{в}}} m_{\text{с}} = \frac{460 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}}{4180 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{С}}} 100\text{г} = 10\text{г}.$$

Так как на нагрев воды идёт работа дрели по перемешиванию, то с учётом КПД дрели получим:

$$Q = cm\Delta t = \eta IU t,$$

$$t = \frac{cm\Delta t}{\eta IU}.$$

Опыт был повторен дважды. В ходе каждого эксперимента воду в термосе перемешивали в течение 40 минут дрелью. В обоих случаях нагрев воды был примерно 2 °С. Согласно нашим расчётам, время нагрева должно составлять 35,6 минуты. Данный результат, безусловно, попадает в интервал погрешности эксперимента, хотя бы только за счёт погрешности измерения температуры. Погрешность термометра составляет 1,5 °С и является определяющей величиной при оценке общей погрешности.

$$t = \frac{cm\Delta t}{\eta IU} = \frac{c\rho V\Delta t}{I_0 U_0 t_0},$$

где I_0, U_0, t_0 – ток, напряжение и время, измеренные при измерении КПД дрели. Если при расчете погрешности оставить только величины, которые измеряли мы, то относительная погрешность составит:

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{\Delta V}{V}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \Delta t}{\Delta t}\right)^2 + \left(\frac{\Delta h}{h}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I_0}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U_0}{U_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta t_0}{t_0}\right)^2 + \left(\frac{\Delta I}{I}\right)^2 + \left(\frac{\Delta U}{U}\right)^2},$$

$$\varepsilon = \sqrt{\left(\frac{10}{652}\right)^2 + \left(\frac{1,5}{2}\right)^2 + \left(\frac{1,5}{1970}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{0,34}\right)^2 + \left(\frac{1}{232}\right)^2 + \left(\frac{0,1}{5,1}\right)^2 + \left(\frac{0,01}{0,32}\right)^2 + \left(\frac{1}{240}\right)^2} \approx 0,75 \%,$$

а абсолютная: $\Delta t = t \cdot \varepsilon = \pm 27 \text{ мин!}$

Подсчёт погрешности чётко показывает, что эксперимент можно считать удавшимся только качественно. Учёт таких малых факторов, как нагрев стакана термоса лишен практического смысла. Однако качественно эксперимент всё-таки удался.

Выводы. В нашей работе мы попытались провести эксперимент Дж. Джоуля. К сожалению, мы не могли полностью повторить исто-

рический эксперимент ввиду недостатка времени и приборной базы. Мы убедились в том, что постановка классических экспериментов является сложным делом, и поняли, что от учёных требуется огромное упорство, аккуратность, внимательность при проведении экспериментов. Даже наличие у нас современных приборов не сделало эксперимент элементарным. Более того, результаты нашего эксперимента вряд ли удовлетворили бы учёных ввиду минимальной точности и отсутствия учёта всех необходимых факторов. Достаточно часто упоминается и гениальная прозорливость великих учёных, позволявшая им «угадать» правильные результаты в череде различных, зачастую противоречивых результатов экспериментов. Нам, безусловно, помогало заведомое знание правильного результата.

Но мы считаем, что положительным моментом нашей работы является то, что нам всё-таки удалось добиться результатов, близких к правильному, и качественно подтвердить факт того, что механическую работу можно перевести во внутреннюю даже таким способом.

Литература

1. Физика // Энциклопедия для детей. Т. 16. – М.: Аванта, 2000.
2. Сайт Википедия <http://ru.wikipedia.org/>
3. Сайт «Элементарный учебник физики» <http://www.physel.ru>.

Поглощение света

Фомин Всеволод

6 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко



В работе исследован процесс поглощения белого света различными материалами. Измерение температуры проводилось с помощью полупроводникового датчика. Падающее излучение поглощалось бумагой разного цвета, которой была обернута пробирка с воздухом, закрытая резиновой пробкой с датчиком. Получены графики сравнительного нагревания пробирок разного цвета, которые демонстрируют зависимость коэффициента поглощения от длины волны падающего света.

Поглощательная способность какой-либо поверхности, то есть отношение поглощенного потока излучения к падающему, зависит от длины волны падающего света и температуры поверхности.

В данной работе была сделана попытка исследовать поглощательную способность поверхности для случая, когда падающий поток излучения, созданный лампой накаливания, оставался постоянным, а поверхность тела представляла собой стеклянную пробирку, обернутую бумагой разного цвета.

Известно, что если дана замкнутая оболочка, середина которой убрана, а стенки представляют собой тело, нагретое равномерно до одной температуры, то отдельные участки стенок обмениваются излучением таким образом, что тепловое равновесие не нарушается. Тогда излучение, которое посылает в течение единицы времени какой-то участок стенки внутрь полости, равно излучению, поглощаемому им за то же время. Такую конструкцию можно изготовить из стеклянной пробирки, покрытой тонким слоем поглощающего материала.

При поглощении света молекула переходит в новое, возбужденное состояние, характеризующееся большим значением энергии. Если эту энергию преобразовать во внутреннюю, то можно определить способность тела поглощать по изменению его температуры.

Проведение предварительных экспериментов заключалось в следующем: в качестве приемника света использовался датчик, принцип действия которого основан на появлении в полупроводниковом элементе термо-ЭДС. Кусочки картона разного цвета поочередно приклеивались с помощью термопасты к полупроводниковому датчику температуры. Датчики располагались на одинаковом расстоянии от лампы. На экране компьютера с течением времени высвечивалось изменение температуры датчика.

Из полученных данных обнаружилось, что образец черного цвета нагрелся на большую температуру по сравнению с другими образцами за одно и то же время. Из цветных образцов большую температуру имел образец синего цвета и меньшую – красного. Было решено повторить опыт так, чтобы условия проведения опыта были одинаковыми. В процессе проведения опытов было решено продолжить изучение нагревания образцов отдельно взятого цвета по сравнению с образцом черного цвета, так как только сравнительные графики нагревания могут дать объективную картину характера поглощения. Только в этом случае можно добиться совпадения условий опыта для пары исследуемых образцов.

Особенности опыта состоят в том, что точное измерение количества теплоты очень затруднительно. Теплообмен с окружающей средой происходит у любого прибора, температура которого отличается от комнатной. Этот процесс можно минимизировать, если использовать невысокие температуры, так как скорость теплопотери пропорциональна разности между комнатной температурой и первоначальной температурой прибора. Если прибор, измеряющий температуру, будет иметь небольшие размеры по сравнению с прибором, утечку можно сделать еще менее существенной. Итак, для опыта нужен прибор размерами, много большими датчика, а также обязательными условиями опыта должно являться то, что нагревание воздуха в пробирке происходит и должно составлять не более 5 % от первоначальной температуры.

Так как размеры источника света значительно превосходит размеры пробирки, можно считать пучок лучей параллельным, а угол падения на образцы одинаковым. Воздух нагревается от стенок пробирки, а стенки – от бумаги, которая плотно облегалa стенки пробирки. Световая энергия при поглощении света бумагой может переходить в различные формы внутренней энергии среды внутри пробирки (в нашем случае это теплопередача). Воздух в пробирке нагревается, датчик регистрирует изменение температуры со временем. Сравнительные графики нагревания черного и зеленого, черного и желтого, черного и красного, черного и синего цветов от времени показаны на рис. 1.

Результаты опыта

1. Скорость нагревания пары образцов черный /красный составила: черного цвета 0,0114 град/с, а красного – 0,0084 град/с.
2. Скорость нагревания пары образцов черный /синий составила: черного цвета 0,017 град/с, а синего – 0,0116 град/с.

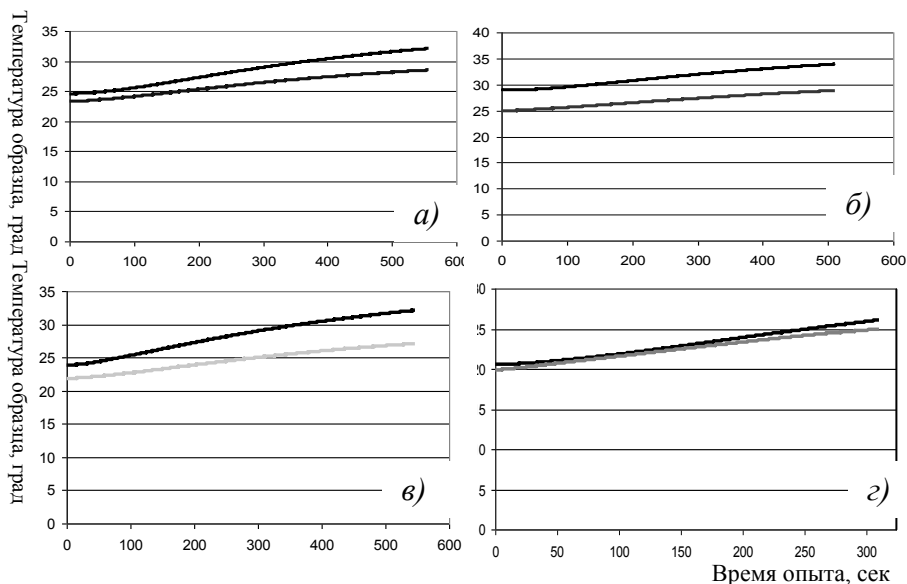


Рис. 1. Нагревание воздуха в пробирках разного цвета:
а – черный и синий, *б* – черный и красный, *в* – черный и жёлтый,
з – черный и зелёный (чётный – верхний)

3. Скорость нагревания пары образцов черный /желтый составила: черного цвета 0,0185 град/с, а желтого – 0,0117 град/с.
4. Скорость нагревания пары образцов черный /зеленый составила: черного цвета 0,0198 град/с, а зеленого – 0,0149 град/с.
5. Скорость нагревания пары образцов черный /белый составила: черного цвета 0,0132 град/с, а белого – 0,0069 град/с.

Выводы. Результаты предыдущего опыта подтвердились. Красный цвет нагревается медленнее других цветов (кроме белого). Зеленый цвет поглощает световую энергию быстрее других, однако синий и желтый имеют скорость нагрева практически одинаковую. Черный цвет нагревается быстрее других, но в разных опытах имел разную скорость нагрева вследствие разной начальной температуры. Чем больше начальная температура образца, тем скорость нагрева меньше. Черный цвет нагревается в 2 раза быстрее белого. Важным, видимо, является качество обработки нагреваемой поверхности. Поглощательная способность зависит от длины волны и температуры

Литература

1. Брэгг У. Мир света. Мир звука. – М., Наука, 1967.
2. Ландсберг. Г.С. Элементарный учебник физики. Т 3. – М.: Наука, 1972.
3. Мякишев. Г.Я. Физика. Оптика. 11 класс. – М.: Дрофа, 2007.
4. Пёрышкин А.В. Физика-8. – М.: Дрофа, 2004.



Моделирование гало

Шайкина Анастасия

8 класс

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

Работа посвящена изучению капельного гало. В ходе исследования были решены такие проблемы, как моделирование рассеяния света в тумане, поиск подходящего источника света, выбор способов измерения углов рассеяния. Были смоделированы венцы с помощью затуманенного стекла и создан адиабатический туман. Проведено наблюдение за венцом на Луне. Произведённые вычисления позволяют оценить размеры капель искусственного тумана. Используя фотографию венца на Луне, оценены размеры капель настоящего тумана.

Актуальность работы. В окружающем нас мире наблюдается большое разнообразие гало. Их подразделяют на два основных типа:

- большое гало, возникающее в результате преломления лучей, проходящих через шестигранные кристаллы льда в воздухе;
- малое гало – венцы, возникающее за счет дифракции на капельках тумана.

Венцы – светлые туманные кольца на небесном своде вокруг диска Солнца или Луны, реже – вокруг ярких звёзд и земных источников света. Венцы появляются при прохождении перед светилем полупрозрачных облаков или тумана и отличаются от большого гало меньшим радиусом колец – не более 5° , в то время как радиус колец большого гало составляет 22° и 46° . Венцы объясняются дифракционным рассеянием лучей на водяных каплях, образующих облако или туман. Радиусы колец зависят от длины волны лучей, что приводит к окрашенности венцов. Обычно виден только один ореол. Но иногда за ореолом следуют концентрические с ним венцы второго, третьего и следующих порядков, разделенные темными промежутками. Их число может достигать до трех-четырех. Расположение цветов во всех кольцах одинаковое: внутренний край, синевато-зеленоватый, переходит в желтый, оранжевый и кончается наружным красным краем.

Целью данной работы было смоделировать и изучить капельное гало (венцы). Для этого было произведено:

- моделирование рассеяния света в тумане,
- поиск подходящего источника света,
- поиск и выбор способов измерения углов рассеяния.

Объектом исследования были венцы, предметом – угловой размер венцов. При этом были решены следующие задачи:

- знакомство с дифракционной теорией венцов;
- создание искусственного тумана с помощью охлаждения воздуха в сосуде и исследование венцов на этом тумане;
- исследование венцов при конденсации водяных паров на стекле (в качестве источников света использованы зеленый и красный лазеры);
- оценка диаметра капель тумана на стекле и тумана в сосуде;
- оценка диаметра капель настоящего тумана, просвечиваемого Луной.

История вопроса. В старину разнообразным гало, как и другим небесным явлениям, приписывалось мистическое значение знамений. Если гало принимало крестообразную форму, это трактовалось как крест или меч, чему известно множество летописных свидетельств. Так в «Слове о полку Игореве» рассказывается, что перед наступлением половцев и пленением Игоря «четыре солнца засияли над русской землей», что было воспринято, как знак надвигающейся большой беды. А в 1551 г. после длительной осады войсками императора Карла V немецкого города Магдебурга в небе над городом появилось гало с ложными солнцами. Это вызвало переполох среди осаждавших. Так как гало было воспринято как «небесное знамение» в защиту осаждённых, то Карл V приказал снять осаду города.

В те времена, когда метеорологии не существовало, гало и подобные ему оптические явления использовались для предсказания погоды. Например, русские народные приметы говорят, что появление вокруг Солнца либо около Луны подобных светлых колец, дуг, пятен, столбов – к дождю.

Характеристика работы. Наша работа не относится к чисто теоретическим исследованиям, она имеет и прикладное значение. С теоретической точки зрения гало является очень интересным объектом для изучения из-за большого разнообразия его видов. С практической точки зрения наша работа даёт возможность измерения маленьких, не видимых глазу частиц воды в атмосфере Земли.

Моделирование венца с помощью затуманенного стекла

Первой частью нашего эксперимента было создание и изучение искусственного венца при помощи затуманенного стекла и лазерной указки. Потом мы попробовали смоделировать венцы с помощью

адиабатического тумана. При проведении экспериментов использовалась лазерная указка зелёного цвета с длиной волны 527 нм.

Моделирование венца. Ход эксперимента

Сначала мы закрепили лазерную указку с помощью штатива и направили луч на ровную светлую поверхность – экран. На пути луча мы закрепили стеклянную пластинку. Затем я дышала на стекло, в результате чего на нем появился туман. На экране появилось кольцо. Потом оно постепенно сужалось и теряло яркость. Так мы смоделировали венцы.

Один раз нам удалось получить сразу два кольца. Внешнее кольцо было более расплывчатое и менее заметное, чем внутреннее.

Мы нанесли на экран разметку в виде концентрических окружностей, которая помогла нам в оценке углового размера венца.

Второй частью нашего эксперимента было моделирование гало при помощи создания тумана в сосуде. Лазерную указку мы закрепили так, чтобы её луч проходил через сосуд и падал на экран. Сначала мы смочили стенки сосуда жидкостью. Затем накачали в сосуд воздух с помощью специальной трубки и резко выдернули её. В результате этого воздух расширяется и охлаждается, а пары жидкости конденсируются. Получается адиабатический туман, который держится несколько секунд. На экране опять появилось кольцо. Таким образом, мы получили венец. Правда, он получился не совсем четким. Кольцо эволюционировало: по мере того, как туман в сосуде исчезал, оно сужалось и бледнело. Внутри сосуда был виден луч.



Рис. 1

Оценка диаметра капель настоящего тумана, просвечиваемого Луной

Размер венцов (рис. 1) определяется средними размерами капелек в облаке. Для капельно-жидких облаков эта связь наглядно видна в следующей формуле:

$$\gamma = \lambda/d, \quad (1)$$

где γ – угловой радиус венца, λ – длина волны, d – диаметр капелек в облаке.

Теперь запишем формулу (1) относительно разницы углов (Δ), на которые отклоняются лучи красного и синего цвета

$$\Delta = \lambda_{\text{кр}}/d - \lambda_{\text{син}}/d. \quad (2)$$

Преобразуя выражение (2), получим:

$$d = (\lambda_{\text{кр}} - \lambda_{\text{син}})/\Delta. \quad (3)$$

На цветной фотографии видно, что разница углов примерно равна половине углового радиуса Луны, то есть $\Delta \approx 8' \approx 1/430$ радиан.

Длина волны красного цвета $\lambda_{\text{кр}} \approx 630$ нм, длина волны синего цвета $\lambda_{\text{син}} \approx 430$ нм.

Произведя расчеты, получим в случае настоящего тумана, просвечиваемого Луной, $d_{\text{капли}} = 86000$ нм = 86 мкм.

Оценка диаметра капель моделируемого тумана

Аналогично тому, как мы измерили размеры капель в облаке, мы оценили размеры капель в нашем моделируемом тумане.

Сначала мы произвели эти вычисления, применяя их к туману на стекле. Рассмотрим фотографию венца (рис. 2).

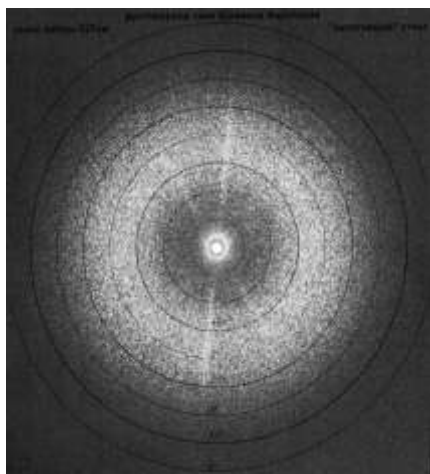


Рис. 2. Фотография венца на стекле



Рис. 3. Фотография венца на адиабатическом тумане

По этой фотографии видно, что большинство лучей отклонилось на 0,025 радиана от центра. Аналогично формуле (1) составим формулу нахождения диаметра капель тумана на стекле:

$$d = \lambda_{\text{зел}}/\gamma, \quad (4)$$

где d – диаметр капли тумана на стекле, $\lambda_{\text{зел}}$ – длина волны зеленого цвета, γ – угловой радиус венца.

Длина волны зеленого цвета $\lambda_{\text{зел}} = 527$ нм.

Произведя расчеты по формуле (4), получим в случае моделируемого тумана на стекле $d_{\text{капли}} = 21080$ нм ≈ 21 мкм.

Теперь вычислим размеры капель в адиабатическом тумане. Рассмотрим фотографию венца на этом тумане (рис. 3).

Угловой радиус венца при максимальном рассеянии здесь составляет примерно 0,065 радиан. Произведя вычисления по той же формуле, по которой мы считали размеры капель тумана на стекле ($d = \lambda_{\text{зел.}}/\gamma$), получим в случае моделируемого адиабатического тумана $d_{\text{капли}} \approx 8107$ нм ≈ 8 мкм.

Мы считали размер капель тумана в сосуде при максимальном отклонении лучей, то есть минимальный размер капель.

Как было сказано выше, венец получился нечетким. Это происходит из-за того, что луч, проходя через сосуд, встречает на своем пути несколько капель и несколько раз отклоняется. Возможно, что если бы все капли были одинакового размера, мы наблюдали бы концентрические кольца. Но так как все капли разные, границы между кольцами замыкаются, и мы видим нечеткую картину.

Заключение. В ходе нашей работы мы выполнили поставленные нами задачи, а именно:

- смоделировали венцы с помощью затуманенного стекла;
- создали адиабатический туман и венец с помощью него;
- оценили размеры капель искусственного тумана на стекле, тумана в сосуде и настоящего тумана, просвечиваемого Луной.

Основная значимость нашей работы заключается в том, что ее экспериментальная часть является способом измерения микрочастиц – капель воды в тумане, облаках, на затуманенном стекле, в адиабатическом тумане.

В будущем я планирую повысить точность измерения, приблизить моделирование к реальности за счёт использования белого источника света, добавить вторую рассеивающую поверхность в случае тумана на стекле, попробовать смоделировать более четкий венец в случае тумана в сосуде.

Литература

1. *Арабаджи В.И.* Загадки простой воды. – М.: Знание, 1973.
2. *Ландсберг Г.С.* Оптика. 4 изд. // Общий курс физики. Т. 3. – М., 1957.
3. *Горелик Г.С.* Колебания и волны. 2 изд. – М., 1959. – Гл. 9.
4. *Миннарт М.* Свет и цвет в природе. – М., 1969.

Особенности распространения непрерывного и импульсного лазерного излучения в призме

Шалаева Полина

8 класс

Научный руководитель С.Ю. Миронов,
мл. научный сотрудник ИПФ РАН



Исследованы особенности распространения непрерывного и импульсного лазерного излучения в призме. Предложен и экспериментально проверен метод измерения показателя преломления стекла призмы. В результате установлено, что отличие экспериментальных результатов от табличных значений не превосходит 1 %. Вторая часть работы посвящена теоретическому исследованию эффекта наклона фронта интенсивности у импульса, прошедшего через призму. Выполненный сравнительный анализ материалов, используемых для изготовления призм, показал, что для излучения с длинной волны, лежащей в ближнем инфракрасном диапазоне, оптимальным является стекло марки ТФ12.

Призмы используют в лазерной физике и спектроскопии для пространственного разделения излучений разных длин волн. Пространственное разделение излучений возможно из-за зависимости показателя преломления материала призмы от длины волны. Изучение дисперсионных свойств показателя преломления веществ имеет большое значение при конструировании лазерных систем и приборов, поскольку именно показатель преломления определяет материал, используемый для изготовления проходных оптических элементов. В связи с этим, изучение особенностей распространения непрерывного излучения в призме и разработка методов измерения показателя преломления с высокой точностью является актуальной задачей.

Стандартные методы определения показателя преломления призм основаны на измерениях угловых величин. Измерить углы можно с помощью дорогостоящего прибора гониометра, который требует предварительного освоения. Принципиальное отличие метода, предложенного в данной работе, заключается в том, что расчет показателя преломления основан на измерениях линейных, а не угловых величин, что значительно упрощает проведение эксперимента и делает его более доступным для школьных и вузовских лабораторий. Однако такая доступность требует предварительного создания математической модели эксперимента и проведения расчетов.

Согласно математической модели (рис. 1), показатель преломления призмы можно найти, зная следующие величины: значение преломляющего угла призмы, расстояние до вершины призмы, высоту падения луча и расстояние между краем призмы и точкой падения луча после преломления его в призме.

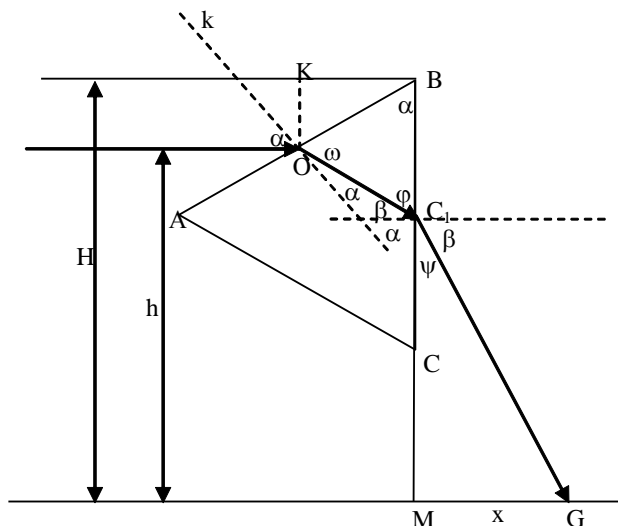


Рис. 1. Математическая модель эксперимента

Для нахождения показателя преломления в данной математической модели применяется формула $x = MC_1 \operatorname{tg} \psi$. По формуле приведения и основному тригонометрическому тождеству получаем

$$\sin \beta = n \sin \beta_1 = n \sin(90^\circ - \varphi) = n \cos \varphi, \quad (1)$$

и

$$\cos \beta = \sqrt{1 - \sin^2 \beta} = \sqrt{1 - n^2 \cos^2 \varphi}. \quad (2)$$

Из выражений (1) и (2) получаем значение $\operatorname{tg} \psi$:

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{\sqrt{1 - n^2 \cos^2 \varphi}}{n \cos \varphi}.$$

Как видно из математической модели, $MC_1 = H - BC_1$. По теореме синусов, $BC_1 = OB \cdot \frac{\sin \omega}{\sin \varphi}$ в $\triangle OBC_1$,

$$\cos \alpha_1 = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha_1} = \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}} \quad (3)$$

и

$$\begin{aligned} \sin \varphi &= \sin(90^\circ - \alpha + \alpha_1) = \cos(\alpha_1 - \alpha) = \\ &= \cos \alpha \cos \alpha_1 + \sin \alpha \sin \alpha_1 = \cos \alpha \sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n^2}} + \frac{\sin^2 \alpha}{n} \end{aligned} \quad (4)$$

по закону преломления, основному тригонометрическому тождеству и формуле косинуса разности.

Проводя с выражениями (3) и (4) соответствующие действия (вне-сти в числитель и знаменатель множитель n , раскрыть скобки и свер-нуть выражение по формуле разности квадратов), мы получили итого-вую формулу для выражения показателя преломления

$$\begin{aligned} x &= \left(H - \frac{H - h}{\cos \alpha} \cdot \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} \cdot \cos \alpha + \sin^2 \alpha} \right) \times \\ &\times \frac{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha} (\cos \alpha - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha})^2}{\sin \alpha (\cos \alpha - \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha})}. \end{aligned}$$

Порядок проведения эксперимента был следующим.

- Перед началом эксперимента проводилось центрирование оптиче-ской системы. Все приборы устанавливались на одной высоте от-носительно оптического стола. Юстировка осуществлялась следу-ющим образом:
 - на ближнем из угольников определялась первоначальная высота;
 - на расстоянии больше 1 м устанавливался второй угольник и измерялась высота падения луча;
 - для устранения разности этих высот проводилась соответству-ющая настройка положения лазера;
 - лазерный источник и центр оптического волокна спектрометра устанавливались вдоль оптической оси на высоте распростра-нения лазерного луча.
- С помощью спектрометра определялась длина волны лазерного излучения: сигнал от лазерного источника отображался на экране компьютера в виде графика зависимости интенсивности излучения

от длины волны. Максимальному значению интенсивности соответствовала измеряемая длина волны.

- Измерялось вертикальное расстояние от стола до вершины призмы.
- Определялось расстояние от края призмы до точки падения луча на оптический стол.
- Полученные данные для разных длин волн заносились в табл. 1.

Результаты эксперимента обрабатывались программными средствами MathCAD, которые позволяют по расчетной формуле и измеренным данным получить значение показателя преломления для различных длин волн.

Таблица 1. Показатель преломления для различных длин волн

Диапазон излучения	λ , нм	H, мм	h, мм	x, мм	n
Красный	653	200	195	88	1,784
Зеленый	533	200	195	78	1,802
Ближний ИК	1057	230	219	109	1,76

По формуле $\frac{n_{теор} - n_{экс}}{n_{теор}} \cdot 100\%$ вычислялась ошибка в процентах,

характеризующая степень совпадения теории и эксперимента. На графике (рис. 2) представлена теоретическая зависимость показателя преломления n от длины волны λ для стекла ТФ-12 и экспериментальные

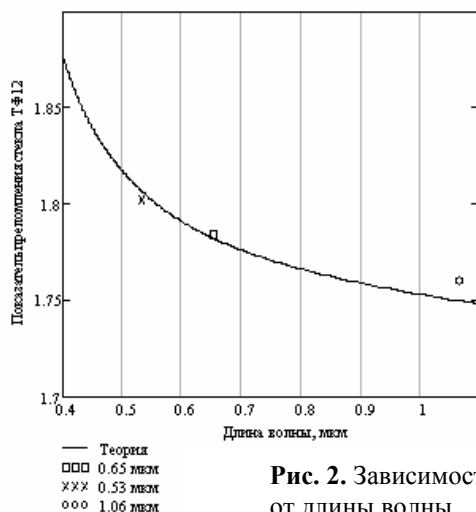


Рис. 2. Зависимость показателя преломления вещества от длины волны

значения для излучения с центральной длиной волны лежащей в красном, зеленом и ближнем инфракрасном диапазонах. Сравнение теоретической зависимости и экспериментальных значений говорит о высокой точности предложенного метода (табл. 2). Ошибка в определении показателя преломления не превышала 1%.

Таблица 2. Сравнение табличного значения показателя преломления для стекла призмы ТФ-12 с экспериментальными данными для каждой длины волны

Диапазон излучения	Теоретический показатель преломления $n_{\text{теор}}$	Экспериментальный показатель преломления $n_{\text{экс}}$	Расхождение с теорией $\frac{n_{\text{теор}} - n_{\text{экс}}}{n_{\text{теор}}} \cdot 100\%$
Красный	1,783	1,784	0,1
Зеленый	1,807	1,802	0,3
Ближний ИК	1,75	1,760	0,6

Вторая часть работы посвящена теоретическому исследованию особенностей распространения ультракоротких импульсов в призме. Интерес к этой задаче обусловлен значительным прогрессом в области фемтосекундной оптики. Для знакомства с передовым направлением современной оптики были рассмотрены следующие задачи:

- изучение механизма растяжения оптических импульсов в материале призмы,
- расчет угла наклона амплитудного фронта импульса, прошедшего через призму.

Механизм растяжения импульсов в диспергирующей среде заключается в том, что отдельные части спектра импульса движутся с различными скоростями, и при нормальной дисперсии длинноволновые составляющие движутся быстрее коротковолновых. В результате интервалы между составляющими различных частот становятся неодинаковыми – импульс расплывается.

Расчет угла наклона амплитудного фронта импульса позволяет оценить задержку амплитудного фронта импульса по отношению к фазовому и применить этот эффект в различных экспериментальных схемах.

Рассмотрим более детально, от каких факторов зависит угол наклона амплитудного фронта в импульсе, прошедшем через призму (рис. 3).

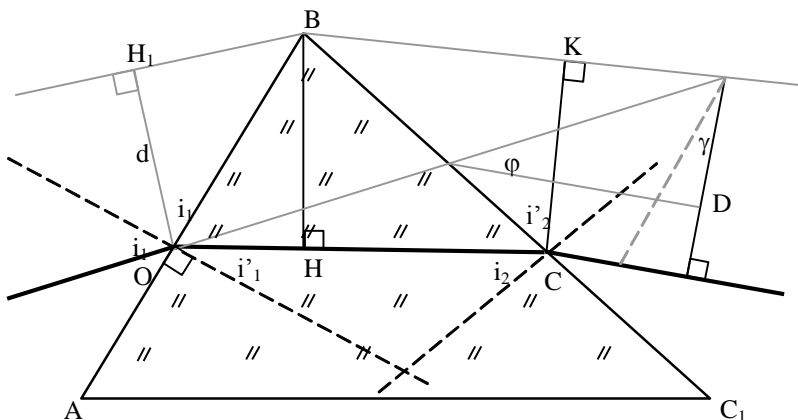


Рис. 3. Распространение ультракороткого импульса в призме

Угол наклона фронта интенсивности γ можно вычислить следующим образом:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{c \cdot \Delta T}{D} = -\frac{OC}{D} \lambda \frac{dn}{d\lambda}, \quad (5),$$

где $D = d \cdot \frac{\cos i'_1 \cdot \cos i'_2}{\cos i_1 \cdot \cos i_2}$ – диаметр пучка на выходе из призмы.

Время распространения света по траектории H_1BK может быть найдено:

$$T_1 = \frac{H_1B + BK}{c} = \frac{n(\lambda) \cdot OC}{c},$$

а по траектории OC :

$$T_2 = \frac{OC}{u_g(\lambda)},$$

где $u_g(\lambda) = c \cdot \left(n(\lambda) - \lambda \frac{dn(\lambda)}{d\lambda} \right)^{-1}$ – групповая скорость распространения импульса в призме.

Зная длину оптического пути, выразим время задержки луча OC по отношению к H_1BK :

$$\Delta T = -(T_1 - T_2) = T_2 - T_1 = \frac{OC}{c/(n - \lambda \frac{dn}{d\lambda})} - \frac{n \cdot OC}{c} =$$

$$= -\frac{n \cdot OC}{c} + \frac{n \cdot OC}{c} - \frac{OC}{c} \lambda \frac{dn}{d\lambda} = -\frac{OC}{c} \lambda \frac{dn}{d\lambda}.$$

Подставляя полученные значения в формулу (5), получаем итоговую формулу для выражения угла наклона амплитудного фронта интенсивности по отношению к фазовому.

Угол наклона фронта интенсивности зависит от длины волны оптического излучения, угла падения, дисперсии материала и преломляющего угла призмы. Рассмотренный эффект может быть использован для увеличения эффективности неколлинеарных нелинейно-оптических процессов, таких как удвоение частоты, параметрическое усиление, а также в приборах, предназначенных для диагностики временных параметров ультракоротких лазерных импульсов.

Таким образом, в результате изучения особенностей распространения света в призме была предложена экспериментальная схема для измерения показателя преломления материала призмы. Сравнивая измеренные и табличные значения показателя преломления можно сделать вывод, что расхождение эксперимента с теорией не превышает 1%. Теоретическое исследование зависимости наклона фронта интенсивности излучения, прошедшего через призму, позволило определить, от каких величин зависит угол наклона фронта интенсивности. Преломляющий угол призмы, дисперсия материала и длина волны излучения являются фиксированными величинами для конкретного эксперимента, поэтому наибольшая ошибка в определении угла наклона фронта интенсивности возможна из-за неточных измерений угла падения излучения на переднюю грань призмы. Материал призмы, применяемой для изучения наклона фронта интенсивности, должен обеспечивать наиболее плавную зависимость угла γ от угла падения на переднюю грань призмы, т. е. при незначительном изменении угла падения для материала с более резкой зависимостью угла γ от угла падения угол наклона фронта интенсивности изменится сильно, а для материала с плавной зависимостью – незначительно. Из графика (рис. 4) видно, что, например, для длины волны $\lambda = 1057$ нм наиболее подходящим является материал ТФ12.

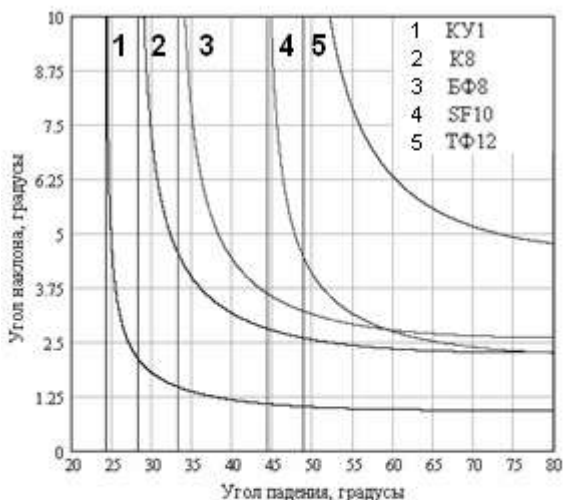


Рис. 4

График зависимости угла наклона амплитудного фронта импульса по отношению к фазовому углу падения на грань призмы

Литература

1. Храмов Ю.А. Физики: Биографический справочник. – 2-е изд. Испр. и дополн. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – 398 с.
2. Прохоров А.М. Физический энциклопедический словарь. М.: Советская энциклопедия, 1984. – 944 с.
3. Тарасов Л.В., Тарасова А.Н. Беседы о преломлении света. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982.
4. Глазунов А.Т., Кабардин О.Ф., Малинин А.Н. Физика. Учебник для 11 класса. М.: Просвещение, под редакцией Пинского А.А., 1999. С. 144–147.
5. Zs. Bor, B. Racz. // Optic communications. 1985. V. 54, № 3. Group velocity dispersion in prisms and its application to pulse compression and traveling-wave excitation

Исследование уровней электромагнитного излучения мобильного телефона и изучение мер защиты от него

Шампоров Василий
9 класс

Научный руководитель Д.В. Коротаев,
мл. научный сотрудник ИПФ РАН



Проводилось исследование электромагнитного излучения мобильного телефона, а также технологии работы стандарта GSM в разных режимах работы, с разными операторами и телефонами. Результаты экспериментов сравнивались с санитарными нормами России (СанПиН). В некоторых режимах работы телефона нормы, рекомендуемые по СанПиН РФ, превышаются в несколько раз. Также сделан вывод о том, что излучение мобильных телефонов зависит от модели телефона.

Согласитесь, что мы не мыслим себя без мобильного телефона – настолько он органично вписался в нашу повседневную жизнь. Выполняя первостепенную функцию связи, мобильные телефоны постепенно стали заменять нам и массу других полезных приборов: музыкальные плееры, часы, фотоаппараты, даже частично компьютеры. Когда-то давно мобильные телефоны могли себе позволить лишь состоятельные люди: и сама трубка была дорогая, и связь стоила больших денег. Но сейчас насчитывается более миллиарда людей, пользующихся мобильными телефонами. Итак, люди пользуются сотовой связью и не задумываются, что за это они платят не только средствами, но и, может быть, своим здоровьем. Но если о стоимости услуг сотовой связи людей предупреждают при подключении и при смене тарифов, то о том, вредно ли пользоваться мобильным телефоном, операторы сотовой связи молчат. Молчат об этом и производители сотовых телефонов. Так, может, никакого вреда и нет? Или все же есть?

Мобильный радиотелефон представляет собой малогабаритный приемопередатчик. Мощность излучения его (в режиме передачи) находится в пределах 0,1...1,0 Вт. Она является величиной переменной и зависит от состояния канала связи «мобильный радиотелефон – базовая станция», т. е. чем сильнее сигнал базовой станции в точке принятия, тем меньше мощность излучения радиотелефона. В среднем она не превышает 0,25 Вт при работе в населенном пункте на открытой местности. В автобусе, такси, электричке и в других экранированных помещениях эта мощность может увеличиться до максимальной.

По международным требованиям мощность излучения сотовых телефонов измеряют в единицах SAR (Specific Adsorption Rate) – удельная поглощенная мощность, отнесенная к единице массы тела или ткани. SAR (в единицах СИ) определяется в Вт/кг, измерять ее достаточно сложно, т. к. для этого необходимы специальное оборудование и точные имитаторы тканей человеческого организма. Потому наиболее реальным является результат оценивания плотности потока энергии электромагнитного излучения мобильного телефона (ППЭ измеряется в $\text{мкВт}/\text{см}^2$) исходя из его мощности.



Рис. 1.
Измеритель электромагнитных излучений ПЗ-31

Для исследования электромагнитного излучения мобильного телефона был проведен эксперимент. С помощью измерителя уровней электромагнитных излучений ПЗ-31 (рис. 1), подключенного к компьютеру, нам удалось получать мгновенные значения плотности потока энергии электромагнитного излучения, выделяемого мобильным телефоном каждые 2 секунды в течение 1 минуты. Исследование проводилось для мобильных телефонов трех видов (Siemens A60, Sony Ericsson W300i, Rover PC P6). Поочередно закрепляя измеряемые телефоны на поролоновой подставке, мы измеряли плотность потока энергии в разных режимах работы сотового телефона (прием вызова, разговор, передача вызова).

В режиме приема вызова на тестируемый мобильный телефон посылался вызов с городского телефона, причем в течение измерения вызов не принимался. В режиме разговора одновременно в обе стороны создавалась имитация разговора. В режиме передачи вызова с мо-

бильного телефона посылался вызов на городской телефон, при этом в течение измерения вызов не принимался. Учитывалась сторона телефона (внутренняя или внешняя), с которой измеряется излучение.

По результатам измерений были составлены графики мгновенной плотности потока энергии (рис. 2, 3 – прием вызова, 4, 5 – передача вызова, 6, 7 – разговор, 8 – передача с внешней стороны). В режиме приема вызова норма превышает в разы, как и в режиме передачи. В режиме разговора плотность потока энергии колеблется в пределах нормы, рекомендуемой по СанПиН РФ. При сравнении графиков мгновенной плотности потока энергии, исходящей с внутренней и внешней сторон телефона в одном режиме и с одним оператором (рис. 4 и 8), установлено, что с внешней стороны телефона излучение больше, чем с внутренней. Низкая плотность потока энергии у телефонов с оператором МТС обусловлено тем, что базовая станция МТС располагалась ближе к месту проведения измерения, чем базовая станция Beeline (расстояние до БС Beeline – 500 м, до БС МТС – 50 м).

По результатам измерений были сделаны следующие выводы:

- в некоторых режимах работы рекомендуемая норма (10 мкВт/см^2) и предел по СанПиН РФ (25 мкВт/см^2) превышаются в несколько раз;
- расстояние до ближайшей БС оператора сотового телефона также сильно влияет на производимое им излучение.
- излучение телефона зависит от модели телефона;
- режим передачи вызова опасней, чем режим приёма, т.к. в отличие от режима приема при передаче мы держим телефон близко к голове, поэтому сейчас не используются сотовые телефоны с внешней антенной.
- излучение с внешней стороны телефона больше, чем с внутренней.

Проблема вреда мобильного телефона остается злободневной, полностью не изученной, и в настоящее время в этой области ведутся обширные исследования. Тем временем создаются новые стандарты мобильной связи и вводятся новые функции мобильных телефонов, что представляет собой плодородную почву для физических и медицинских исследований.

Тема представляет большие перспективы для дальнейшей работы, например, исследование излучения мобильного телефона в режиме работы GPRS-интернета, режиме переадресации, а также в режиме приема и передачи SMS-сообщений.

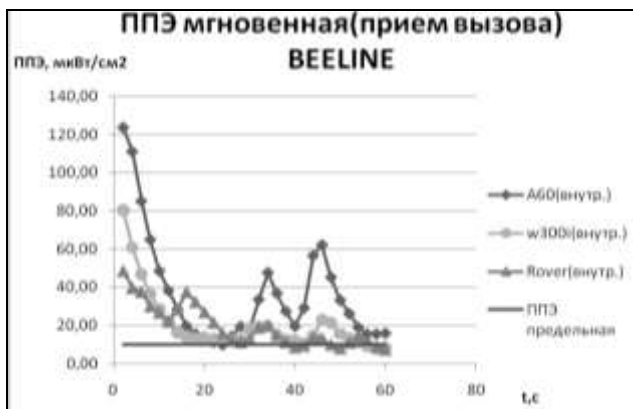


Рис. 2. Зависимость плотности потока энергии от времени (прием вызова, оператор Beeline)

Рис. 3. Зависимость плотности потока энергии от времени (прием вызова, оператор МТС)

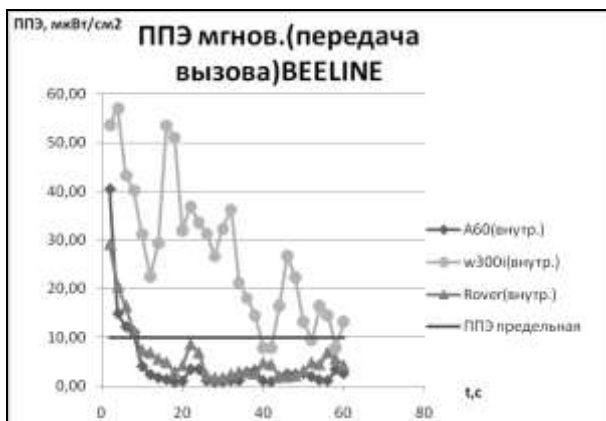
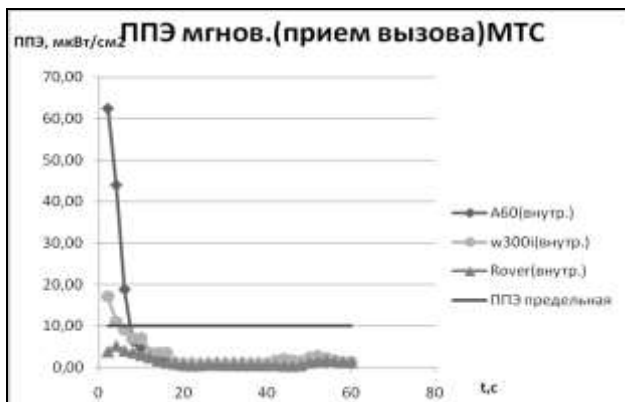


Рис. 4. Зависимость плотности потока энергии от времени (передача вызова, оператор Beeline)

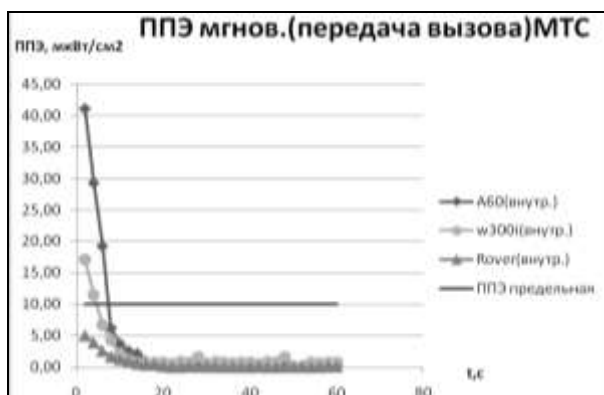


Рис. 5. Зависимость плотности потока энергии от времени (передача вызова, оператор МТС)

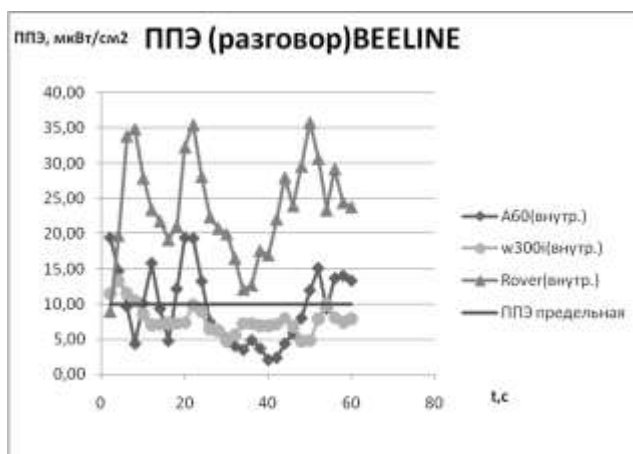


Рис. 6. Зависимость плотности потока энергии от времени (разговор, оператор Beeline)

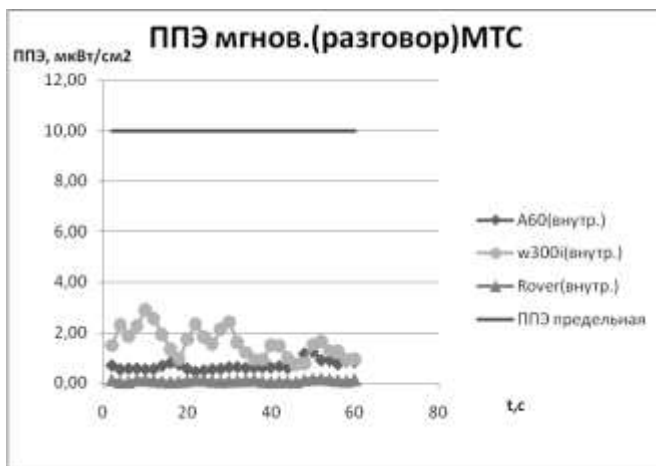


Рис. 7. Зависимость плотности потока энергии от времени (разговор, оператор МТС)

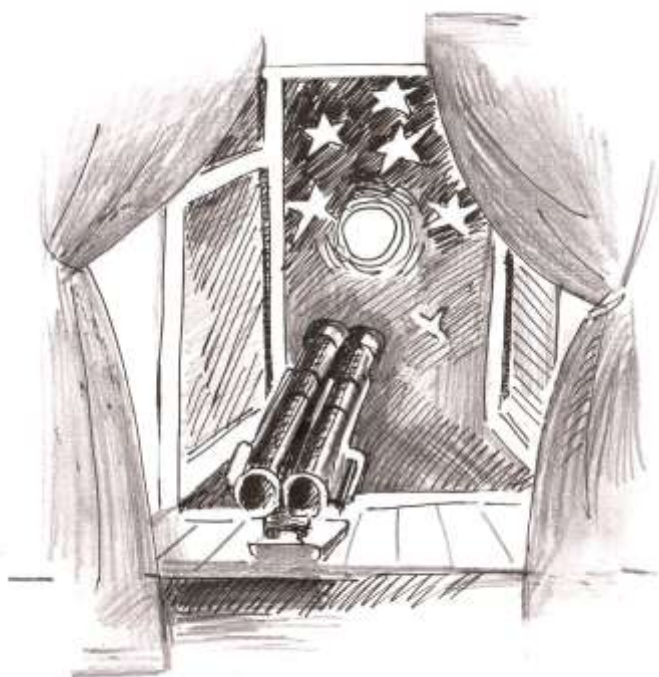


Рис. 8. Зависимость плотности потока энергии от времени (передача вызова, оператор Beeline, внешняя сторона)

Литература

1. Баскаков С.И. Электродинамика и распространение радиоволн. – М.: Высшая школа, 1992. – 421с.
2. Кочержевский Г.Н. Антенно-фидерные устройства. – М.: Связь, 1972. – 470 с.
3. Сотовые телефоны. – Режим доступа: <http://electromag.by.ru/sar.html>.
4. spb-centr.ru
5. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ) http://www.vashdom.ru/sanpin/224_218055-96/
6. Вдовин В.Ф. Сказки и правда про пользу и вред мобильных телефонов. Лекция. [Электронный ресурс]

Астрономия



Движение метеороидных тел в атмосфере Земли

Дементьев Сергей

9 класс

Научный руководитель Н.И. Лапин

В работе рассмотрен процесс движения метеороидного тела в атмосфере Земли. Предложена модель изменения массы движущегося тела. На примере решения задачи о движении тела под углом к горизонту строится и обсчитывается математическая модель о изменении массы метеороидного тела. Получена зависимость изменения массы от угла движения к горизонту.

Потеря в массе метеороидного тела связана с трением. За счёт трения часть вещества испаряется и улетучивается. При этом изменяются размеры поперечного сечения и масса.

Введем некоторые допущения. Тело правильной формы (шар) радиуса r движется в атмосфере с некоторой начальной скоростью. Испарение вещества происходит равномерно со всей поверхности. Изменение кинетической энергии вызвано изменением массы.

Рассматривая решение задачи о движении тела под углом к горизонту, удастся показать, как изменяется масса метеороидного тела. По данным о высоте подъема $H = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g}$, дальности полета $L = \frac{v_0 \sin 2\alpha}{g}$ и теоремы о изменении кинетической энергии была получена общая формула изменения массы от угла падения:

$$cs\rho(1-\cos\alpha)^2 \frac{v_0 \sin\alpha}{g} \sqrt{4\cos^2\alpha + \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{4}} = \Delta m(1-(1-\cos\alpha)^2),$$

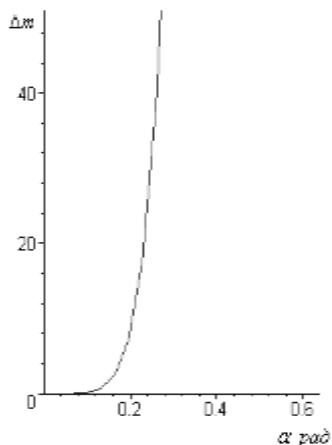
где c – коэффициент лобового сопротивления, s – площадь поперечного сечения, α – угол, под которым тело влетает в атмосферу, v_0 – начальная скорость, с которой движется метеороидное тело, Δm – относительное изменение массы.

Данное выражение отражает зависимость изменение массы метеороидного тела от угла, под которым оно влетает в атмосферу Земли. График зависимости относительного изменения массы от угла при параметрах $r = 0,1$ м, $v_0 = 25000$ м/с, $g = 9,81$ м/с² приведен на рисунке.

Анализ графической зависимости показал, что при движении под углом 20° к горизонту наблюдается значительное изменение массы в

сравнении с начальной. Данное отношение равно 40. Это логично. При данном угле падения трек падения имеет достаточную протяженность.

При решении поставленной задачи использовалась упрощенная модель. Форма тела правильная, испарение вещества происходит со всей поверхности равномерно, хотя при движении этого явно не происходит, не учитывается теплопроводность. В нашем случае учитывается только коэффициент лобового сопротивления, который используется при получении общей формулы. В дальнейшем планируется развить данную модель варьированием формы, учетом теплопроводности, посредством вычисления потока, испаряющегося вещества с поверхности.



Литература

1. Ландсберг Г.С. Элементарный учебник физики. – М., 2005.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М., 1989.

Влияние диска спиральной галактики на динамику движения шаровых звёздных скоплений

Кубасова Ольга

11 класс

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



Рассматривается эффект изменения орбиты шаровых звёздных скоплений из-за взаимодействия со звездами галактического диска. Шаровые скопления (ш.с.) – это системы от тысяч до миллионов звезд, движущихся по весьма вытянутым эллиптическим орбитам вокруг центров спиральных галактик. Вследствие этой вытянутости, по крайней мере единожды за свой «галактический год», ш.с. должны пересекать плоскость галактического диска в непосредственной близости от центра галактики (не далее тысячи световых лет). Анализ показывает, что это расстояние варьирует от $(1-E)a$, до примерно $2(1-E)a$. Здесь a – большая полуось эллипса орбиты ш.с.; E – его эксцентриситет (близкий для орбит ш.с. к единице). Поскольку концентрация звезд вблизи галактического центра довольно высока (в тысячи раз больше, чем в окрестностях солнечной системы), то взаимовлияние ш.с. и звёзд диска галактики вблизи области прохождения ш.с. будет весьма значительным.

В настоящей работе нас интересуют последствия такого влияния, связанные с возможными изменениями орбит отдельных ш.с.

Наша чрезвычайно упрощенная модель явления заключается в следующем. При прохождении ш.с. через плотные области диска возможен обмен между ними и звездами. Мы условно считаем, что все звезды диска, оказывающиеся на пути скопления (как «твердого шарика» с радиусом, равным радиусу ш.с.) оказываются захваченными, а такая же масса звезд ш.с. переходят в диск. В результате таких процессов в силу закона сохранения импульса должна изменяться орбита шарового скопления. Мы записали и решили систему соответствующих уравнений, отвечающих такому обмену, считая, что фокус эллиптической орбиты ш.с. остаётся в центре галактики.

Результат оказался зависимым от начальной ориентации плоскости орбиты ш.с. по отношению к диску спиральной галактики. Проанализируем все такие принципиально разные случаи, а также динамику ориентации орбиты ш.с. на масштабе времени, существенно превы-

шающем период его обращения (обычно такие периоды ~ 1 млрд. лет и больше).

Первый частный случай – изначально орбита ш.с. перпендикулярна плоскости диска. Тогда первый подслучай: большая ось эллипса орбиты ш.с. совпадает с осью вращения диска галактики (самая редкая ситуация). Тогда, как показывает анализ, плоскость орбиты ш.с. будет наклоняться к плоскости диска, а угол между большой осью её эллипса и осью диска асимптотически расти от 0 до некоторого предельного значения, при котором плоская составляющая скорости ш.с. при пересечении им диска будет близка к скоростям звезд диска в этом месте. Большая ось эллипса орбиты ш.с. должна при этом прецессировать вокруг оси диска галактики с угловой скоростью, пропорциональной угловой скорости увеличения этого наклона (т. е. всё медленнее).

Второй подслучай – более общий, чем первый. Орбита ш.с. снова перпендикулярна плоскости диска, но угол между большой осью её эллипса и осью диска произвольный (существенно не нулевой).

Тогда ось эллипса орбиты постепенно начинает прецессировать вокруг оси галактического диска, асимптотически приближаясь в угловой скорости прецессии к угловой скорости звезд диска, в месте его ближнего к центру галактики пересечения шаровым скоплением.

Общий случай – шаровое скопление изначально движется в плоскости, составляющей некий угол с плоскостью диска. Частный подслучай – большая ось эллипса орбиты ш.с. проходит через центр галактики, перпендикулярно линии пересечения плоскостей орбиты и диска. Тогда шаровое скопление пересекает диск спиральной галактики дважды, на одинаковом расстоянии от её центра. Эта ситуация может рассматриваться как результат развития ситуации первого подслучая первого же частного случая и будет иметь аналогичную динамику. Необходимо лишь заметить, что при этом изменения в орбите ш.с. будут происходить более быстро.

Наиболее общий подслучай – угол между большой осью эллипса орбиты ш.с. и линией пересечения её плоскости с плоскостью диска отличен от 90° . В этой, самой частой ситуации плоская составляющая скорости ш.с. (в точке пересечения им диска) асимптотически выравнивается с линейной скоростью вращения звезд вокруг центра галактики (в этой же точке).

Наши результаты подтверждены расчетами величин некоторых из вышеуказанных эффектов. Для их оценки мы воспользовались моделью диска галактики в виде плоского круга, с поверхностной плотно-

стью, экспоненциально спадающей с ростом расстояния от центра, с характерным масштабом в 10000 световых лет. Модельная плотность в центре диска рассчитывалась исходя из нормировки полной массы диска на величину 10^{10} масс Солнца. Модельное шаровое скопление имело массу в 10^6 масс Солнца, размер 200 световых лет и период обращения 1 млрд лет. Оценка максимальных углов поворотов орбиты для такого ш.с., исходя из законов сохранения импульса, даёт около 4° за один «проход» сквозь диск для выбранных параметров.

Очевидно, существует набор таких параметров ш.с., для которых эффект был бы максимальным в рамках данной модели диска. Но и наш результат показывает, что за время существования шаровых скоплений (до 10 млрд. лет) эффект изменения их орбит значителен.

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. – 783 с.
3. Засов А.В., Постнов К.А. Общая астрофизика. – Фрязино: «Век-2», 2006. – 382 с.



Частота столкновения галактик во Вселенной

Морозова Ксения

10 класс

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

В настоящее время считается, что галактики возникли более 10 миллиардов лет назад, по-видимому, в результате гравитационной конденсации вещества из первичных его сгустков к сверхмассивным чёрным дырам [5]. Однако проблема эволюции галактик, разнообразия их форм и размеров продолжает оставаться до конца нерешенной. Наиболее впечатляющей и смелой гипотезой является мысль о метаморфозе типоразмера галактик в результате их столкновений - гипотеза их укрупнения путём слияний, при определённых условиях проходящих с изменением и их формы. Есть несколько рабочих гипотез того, как неправильные галактики объединяются в более крупные, а спиральные при столкновении образуют гигантские эллиптические. Существуют многочисленные наблюдения сталкивающихся галактик, при которых, как показывают некоторые результаты компьютерного моделирования таких процессов, происходят подобные слияния. Правда, изменения форм галактик при таком моделировании практически не наблюдается. Мы попытались оценить частоту столкновений галактик разных размеров во Вселенной.

По существующим в настоящее время оценкам общее число галактик в нашей Вселенной порядка ста миллиардов. Их число примерно одинаково в любой области, объёмом порядка $100 \cdot 100 \cdot 100$ кубических мегапарсек (считается, что начиная с данного объёма пространства наблюдается однородность средней плотности материи во вселенной).

Для оценки средней концентрации галактик мы взяли оценку их общего числа во Вселенной и разделили на её объём ($V_{\text{вс}}$) в модели шара с радиусом, численно равным оценке её возраста (в световых годах). Для оценки доли галактик разных масс и размеров мы приняли (опираясь на наблюдательные данные), что в нашей Вселенной около 45% галактик – карликовые (их видимый линейный размер порядка 10^4 световых лет и меньше, а масса – до $3 \cdot 10^8$ масс Солнца – M_{\odot}); 40% – галактики промежуточного типа ($\sim 3 \cdot 10^4$ св. лет; $3 \cdot 10^8 - 3 \cdot 10^{10} M_{\odot}$), 5% – крупные галактики ($\sim 10^5$ св. лет; $3 \cdot 10^{10}$ – до $10^{12} M_{\odot}$), а 0,5% приходится на гигантские ($2 \cdot 10^5$ св. лет; более $10^{12} M_{\odot}$). Число галактик каж-

дого типоразмера обозначено далее буквой N с соответствующим индексом.

Мы считали, что слияние галактик происходит тогда и только тогда, когда галактики выбранных нами типоразмеров хотя бы «касаются» друг друга, т. е. расстояние между их центрами не превышает величины $\frac{d_1 + d_2}{2}$, где d_1 и d_2 – размеры (диаметры) галактик. При этом мы пренебрегли влиянием их относительных скоростей, а массы неявно (и дискретно!) учли в размерах. Все интересующие нас величины искались как средние значения в рамках термодинамической модели движения молекул идеального газа [3]. Это означает, что мы неявно предполагали, что распределение скоростей галактик такое же, как у молекул идеального газа (распределение Максвелла). Для галактик оно, по-видимому, может быть использовано в некотором приближении, поскольку они хотя и не испытывают прямых упругих столкновений (как бильiardные шары), но при определенном сближении интенсивно взаимодействуют гравитационно, что в системе центра масс приводит к некоторому аналогу упругих взаимодействий молекул идеального газа. Тогда, считая распределение всех типов галактик однородным во всех масштабах (т. е. фактически пренебрегая существованием галактических систем: скоплений и сверхскоплений галактик) можно оценить $\langle t \rangle$ – среднее время между «столкновениями» галактики одного (фиксированного!) вида с галактикой какого-либо другого вида. Приведем пример расчёта среднего промежутка времени между столкновениями галактик первого и второго типа

$$\begin{aligned} \langle t \rangle_{1 \rightarrow 2} &= \frac{V_{\text{вс}}}{\pi \langle u_{\text{отн}} \rangle d_1 \cdot d_2 N_1 N_2} = \\ &= \frac{9,22 \cdot 10^{78} \text{ м}^3}{3,14 \cdot 10^4 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot (2 \cdot 10^5 \text{ св.лет} \cdot 10^5 \text{ св.лет}) \cdot 9,46 \cdot 10^{15} \frac{\text{м}}{\text{св.год}} 5 \cdot 10^9 \cdot 5 \cdot 10^8 \cdot 3,15 \cdot 10^7 \frac{\text{сек}}{\text{св.год}}} = \\ &= 2 \cdot 10^4 \text{ лет} \end{aligned}$$

Мы получили оценку числа слияний галактик разных размеров в современную эпоху в модели их однородного распределения по пространству и средней относительной скорости, соответствующей таковой внутри крупных скоплений галактик ($\langle u_{\text{отн}} \rangle = 1000 \text{ км/с}$ [5]). Среднее время между двумя столкновениями галактик любых размеров получилось 325 лет.

Конечно, большая часть наших упрощений является грубой. Так, если молекуле, находящейся в любой части замкнутого объема, ничто не препятствует сталкиваться с молекулами, которые в данный момент находятся в другой части объема (надо лишь немного подождать), для

галактик ситуация кардинально меняется. По-видимому, есть некоторое предельное расстояние (порядка предельных размеров крупнейших гравитационно связанных скоплений галактик – до нескольких десятков мегапарсек), при современном превышении которого галактики не могут столкнуться (в силу действия закона Хаббла). Поэтому мы и говорим о локальной применимости распределения по скоростям.

Однако, по-видимому, большинство факторов, не описываемых моделью, действует противоположно. Так, действие закона Хаббла, очевидно, сокращает число слияний галактик в единицу времени. С другой стороны, значительная неоднородность в их пространственном распределении (наличие групп скоплений и сверхскоплений галактик) приводит к увеличению этого числа, что подтверждается оценкой времени между столкновениями двух галактик во Вселенной в модели со скоплениями. В среднем это время сокращается по сравнению с однородной моделью в некоторое число раз, равное отношению объёма вселенной к суммарному объёму её гравитационно-связанных областей. Таким образом, время между столкновениями уменьшается в 3–4 раза. В развитие этого исследования можно попытаться учесть динамику числа слияний с изменением (в обратном времени) числа галактик и протестировать некоторые модели эволюции галактик (см. выше).

В результате работы в простой модели получены приближенные оценки среднего интервала времени между слияниями разных типов галактик друг с другом, что позволяет оценить их убыль со временем в настоящую эпоху и темп укрупнения. Развитием этих исследований может быть проверка гипотез укрупнения и изменения типа галактик при слияниях, с помощью расчёта ΔN в обратном времени. Если эти гипотезы верны, то такой расчёт должен привести к отсутствию гигантских галактик какое-то время назад (миллиарды лет). Если оно совпадёт с оценкой времени образования галактик во Вселенной (9–12 млрд. лет назад), то этот результат может расцениваться как косвенное подтверждение вышеописанных гипотез. Для реализации этой работы надо написать компьютерную программу расчётов, увеличив число разбиений галактик по массам (типоразмерам).

Литература

1. *Бааде В.* Эволюция звезд и галактик. Курс лекций. – М.: Мир, 1966.
2. Физика космоса // Маленькая энциклопедия. / Под ред. Р.А. Сюняева, изд. 2-е. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 783 с.
3. *Яворский Б.М., Детлаф А.А.* Справочник по общей физике. – М.: Наука, 1981. – 506 с.
4. *Мякишев Г.Я., Сияков А.З.* Физика. Молекулярная физика, термодинамика. 10 класс. – М.: Дрофа, 2007.
5. *Засов А.В., Постнов К.А.* Общая астрофизика. – Фрязино: Век-2, 2006. – 382 с.

Солнечное затмение 2008 года

Пархоменко Любовь

6 класс

Научный руководитель Т.Л. Пархоменко



Интерес к ближнему космосу, движению Солнца и Луны, благоприятные условия для наблюдения солнечного затмения летом 2008 года в нашей стране определили появление настоящей работы. В процессе наблюдений проведены зарисовки Солнца на экране с использованием шаблона Солнца и Луны, подсчитано изменение фазы затмения от времени наблюдения. Найдены скорость схождения Луны с диска Солнца и угол между лунным путем и эклиптической.

Солнечные и лунные затмения интересны прежде всего тем, что они относятся к явлениям, которые привлекают огромное число любителей астрономии. Эти явления можно достаточно часто наблюдать и, изучив закономерности этих явлений, можно сделать заключение об особенностях взаимного движения Солнца, Земли и Луны.

Солнечное затмение 1 августа 2008 года – так называемое «Русское затмение» – полное солнечное затмение, которое можно было наблюдать на территории России. Предыдущее полное затмение на территории России можно было увидеть 29 марта 2006 года; следующее полное солнечное затмение на территории России будет только 12 августа 2026 года. Возможность наблюдать такое явление упускать не хотелось, поэтому мы решили присоединиться к многочисленным любителям астрономии, собравшимся на площадке у Нижегородского планетария и, используя свой опыт таких наблюдений в 2003 и 2006 годах, помочь присутствующим понять особенности такого астрономического явления. 1 августа 2008 года тысячи жителей нашего города собрались на набережной реки Волги, на площадке Нижегородского планетария. Для места наблюдений была выбрана открытая площадка. Солнечное затмение ожидалось около 14 часов дня. В это время Солнце высоко над горизонтом, так что видимость затмения в случае хорошей погоды была бы оптимальной.

Для наблюдений использовался телескоп – рефрактор с диаметром линзы 80 мм. На некотором расстоянии от телескопа с помощью штатива с муфтой установили экран, который представлял собой простую пластиковую папку. На ней с помощью «крокодилов» прикреплялся лист белой бумаги с заготовленным шаблоном диска Солнца. Шаблон диска Луны имел диаметр, равный диску Солнца, так как угловые

диаметры обоих светил при наблюдении с Земли приблизительно одинаковы. Для того чтобы убедиться в этом, диски Луны были заготовлены нескольких диаметров и уже на месте было определено, какой из них нам подходит. Во время частного затмения листок сильно освещается Солнцем, поэтому мы поставили зонт. Солнце на экране выглядело в виде яркого диска, часть которого закрывала Луна. Четкость изображения зависела от расстояния экрана от телескопа и регулировалась с помощью винта.

Наблюдения Солнца с помощью экрана интересны вследствие того, что диаметр Солнца становится намного больше видимого в телескоп, к тому же наблюдать затмение при этом может большое количество людей, что невозможно при обычных наблюдениях. Погода менялась, и, пока Солнце было доступно для наблюдений, не все наблюдатели успевали посмотреть в окуляр телескопа. Наблюдения же на экране имеют огромное преимущество, потому что затмение может наблюдать одновременно несколько десятков человек.

Задолго до начала затмения на набережной был установлен телескоп с экраном, и мне было поручено делать зарисовки Солнца и Луны на экране. К изображению Солнца прикладывался диск Луны, делались засечки, лист снимался, и диск Луны обрисовывался с помощью шаблона. Положение Луны регистрировалось каждые 5 минут, а в начале и конце затмения через каждую минуту.

Солнце без защиты для глаз наблюдать нельзя. Перед наблюдениями на свече мы закоптили обычное стекло. Потом через это стекло вели съемку представители телекомпаний, и сюжет о наших наблюдениях попал в программы новостей. Представители планетария помогли изготовить большое число светофильтров из дискеты, которые тут же раздали зрителям.

Солнечное затмение происходит в момент новолуния, ведь именно в новолуние Луна проходит между Солнцем и Землей. При этом мы не видим диск Луны, потому что он освещен Солнцем с противоположной от Земли стороны. Во время затмения диск Луны «наползает» на диск Солнца, закрывая его часть.

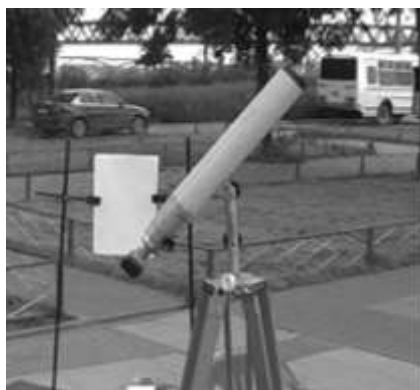
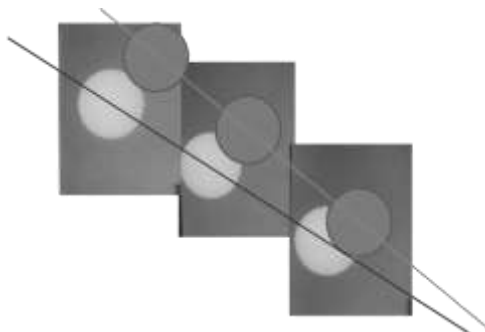


Схема установки



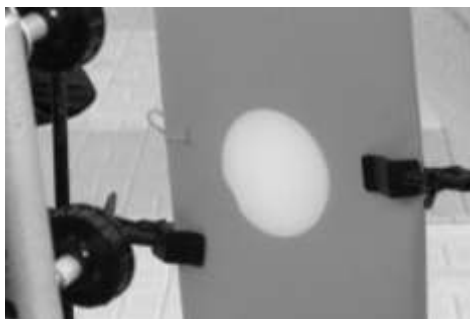
Сход Луны с диска Солнца (верхняя линия показывает путь Луны, нижняя – Солнца)



Вид Солнца во время затмения.
Наблюдение через дискету

Солнечное затмение началось с правого, западного края Солнца, на диске которого появляется небольшой ущерб, имеющий форму окружности того же радиуса. В начале затмения был виден сероватый диск Луны, закрывающий Солнце. Постепенно фаза затмения увеличивалась, и солнечный диск принял вид непрерывно суживающегося серпа. Серп образуется из круглых дисков Солнца и Луны почти одинаковых радиусов, тогда как серповидные лунные фазы образуются из-за изменения взаимного расположения Солнца, Земли и Луны. Терминатор при этом имеет эллиптическую форму.

Отношение закрытой части ко всему диску Солнца называется фазой затмения. Фаза изменяется за время затмения от 0 до 1 и от 1 до 0 в случае полного затмения. При частном затмении закрыта часть диска Солнца, поэтому фаза не может быть равна 1. Максимальная фаза затмения в нашем городе составила 0,64 по нашим наблюдениям. Если затмение частное, то в середине затмения его фаза достигает некоторого наибольшего значения, а затем снова уменьшается, и затмение оканчивается на левом, восточном краю солнечного диска. При частных затмениях ослабления солнечного света не заметно.



Солнце на экране

Первый контакт Солнца и Луны произошел 1 августа в 13 часов 8 минут. Наблюдение середины частного затмения в 14 часов 15 минут, а также четвертый контакт были недоступны из-за погоды, однако на протяжении 1,5 часа были успешно проведены зарисовки. По ним были рассчитаны фазы затмения, показан лунный путь и эклиптика. Для фиксации моментов времени были использованы электронные часы. Часы были выверены по часам телевидения. Диск Солнца наблюдался без пятен, значит, солнечная активность является минимальной.

Определение фазы затмения
отношением открытой части диска к его диаметру

Время	13ч10м	13ч14м	13ч15м	13ч15,5м	14ч05,5м	14ч06м	14ч10м	14ч12м
Фаза	0,02	0,06	0,07	0,09	0,62	0,59	0,60	0,66
Время	14ч13м	14ч47м	14ч50м	14ч52м	14ч54м	14ч56м	14ч58м	15ч00м
Фаза	0,64	0,47	0,44	0,42	0,38	0,35	0,34	0,29

По зарисовкам определена скорость схождения Луны с диска Солнца, она составляет 4,5 угловой минуты за 10 минут, или 27 угловых минут в час.

Литература

1. *Дагаев М. М.* Солнечные и лунные затмения. 1978
2. *Дагаев М.М., Демин В.Г., Климишин И.А., Чаругин В.М.* Астрономия. – М. : Просвещение, 1979.
3. Энциклопедия для детей. Астрономия. Т. 8. – М. : Аванта плюс, 2002.

Химия



Применение тонкослойной хроматографии для идентификации овощных соков

Бояркин Михаил

7 класс

Научный руководитель Н.В. Кулешова, канд. хим. наук



Насыщение потребительского рынка различными продуктами питания вызывает справедливый интерес к их качеству. Овощные соки различных марок позиционируются как натуральный продукт, но это не всегда соответствует действительности. Применение простых методик, позволяющих убедиться в натуральности продуктов, представляет несомненный интерес. В данной исследовательской работе рассмотрены некоторые виды овощных соков и их полезные потребительские качества, описано применение метода тонкослойной хроматографии для определения наиболее качественных из этих овощных соков.

Актуальность. Насыщение потребительского рынка различными продуктами питания вызывает справедливый интерес к их качеству. Овощные соки различных марок позиционируются как натуральный продукт. Но это не всегда соответствует действительности. Применение простых методик, позволяющих убедиться в натуральности продуктов, представляет несомненный интерес.

Цель исследования: Разработать методику идентификации овощных соков методом тонкослойной хроматографии (далее ТСХ), провести химический анализ и определить наиболее качественные из представленных в продаже овощных соков методом ТСХ.

Проблема: Качество разных видов овощных соков не определяется визуально и органолептически достаточно достоверно, требуется объективный химический анализ.

Объект исследования: различные виды продукта «овощной сок»:

- 1) Свежевыжатые соки и смеси из них собственного приготовления.
- 2) Соки промышленного производства: соки для детского питания и соки для широких слоёв населения.

Предмет: Исследование условий определения индивидуальных овощных соков методом ТСХ и их смесей (выбор подвижной фазы, температуры анализа, времени хроматографирования, способа получения хроматограммы) и определение состава овощных соков.

Метод: тонкослойная хроматография.

План исследования:

1. Познакомиться с методом ТСХ, изучить литературу по данной теме.
2. Найти информацию в Интернете о различных видах овощных соков, их пищевой ценности, принятых для них пищевых стандартах.
3. Провести дегустацию «Какой сок лучше?» среди детей-потребителей для выяснения вопроса: «Можно ли определить качество сока на вкус?» (место проведения: детская библиотека)
4. Провести оценку аналитических параметров хроматограмм некоторых овощных соков из свежих продуктов.
5. Провести химический анализ продающихся овощных соков тех же видов.

Применение тонкослойной хроматографии для проверки качества овощных соков. Метод тонкослойной хроматографии – один из современных и очень эффективных методов аналитической химии. Он основан на различии в скорости перемещения компонентов смеси в плоском тонком слое сорбента.

Этот метод был применен для определения качества некоторых овощных соков, как свежавыжатых, так и приобретенных в магазине. Каждый свежавыжатый сок соответствовал магазинному.

Была собрана информация о полезности этих видов овощных соков, их пищевой ценности, принятых для них пищевых стандартах.



Во время дегустации

Для выяснения вкусовых предпочтений потребителей была проведена дегустация «Какой сок лучше?». Детям были предложены два вида томатного сока: «Фруктовый сад» и «Я». Сок был перелит из коробок в графины с номерами соответственно «1» и «2». Участник должен был попробовать оба вида и бросить жетон в коробку для голосования за лучший, по его мнению, сок. В ходе дегустации стало ясно, что самый важный показатель – вкус сока, поэтому фактически выбрался «самый вкусный сок».

Итоги дегустации. Приняло участие 34 человека. За сок № 1 («Фруктовый сад») проголосовало 22 человека – 64,7%. За сок № 2 (сок «Я») проголосовало 12 человек – 35,3%. Было выяснено, что большинство участников дегустации (детей) посчитало более вкусным более дешевый сок, в основном потому, что в него был добавлен сахар. В ходе дальнейших экспериментов было определено, какой из этих двух соков более качественный по содержанию полезных компонентов (каротина, хлорофилла и клетчатки).

Пример описания эксперимента:

Оборудование: хроматографические пластинки «Silufol»; хроматографическая камера; хроматографическая бумага; химический стакан; чашки Петри; стеклянный капилляр.

Реактивы: дистиллированная вода, этиловый спирт, Н-бутиловый спирт, серная кислота, оборудование для получения соков из свежих овощей, соки разных марок.

Ход исследования:

1. Были приготовлены свежавыжатые соки из томатов, огурцов, сельдерея, тыквы, моркови, лимона, капусты. Для этого продукт измельчали с помощью бытовой тёрки, полученную массу отжимали через ткань вручную и собирали сок в химические стаканы.

2. Хроматографические пластины разрезали на полоски 50 × 150 мм. На полоске отмечали линию старта графитом. На линию старта наносили каплю анализируемого сока с помощью капилляра. Пластину помещали в хроматографическую камеру на 10–20 минут. Время выдерживания определяли визуально по степени разделения компонентов.

3. В качестве хроматографической камеры использован химический стакан объёмом 200 мл, на дно которого налит растворитель. Высота слоя подвижной фазы равна 1 см. Исследованы в качестве растворителя дистиллированная вода, этиловый спирт, Н-бутиловый спирт и их смеси. Лучший результат разделения компонентов сока получен при использовании в качестве подвижной фазы смеси воды и Н-бутилового спирта.



Хроматографическая камера

4. Для экстракции хлорофилла и каротина из овощей и зелени измельченный продукт помещали в пробирку, заливали 96%-ным этанолом и нагревали пробирку на водяной бане.

Результаты исследования:

- 1) После исследования лучшим растворителем для овощных соков признан растворитель системы Н–бутанол–вода.
- 2) По содержанию клетчатки, хлорофилла и каротина лучшим соком из томатных стал сок марки «Я», среди морковных – сок марки «Фруто-Няня».
- 3) Были получены хроматограммы свежавыжатых соков. Наибольшее содержание каротина установлено в соке моркови. Наибольшее содержание хлорофилла – в соке сельдерея. В томатном соке присутствует и каротин, и хлорофилл.
- 4) Были сравнены хроматограммы нектара «Тонус» из смеси овощей и такой же смеси свежавыжатых соков. Заявленные компоненты (овощные соки) содержатся, но количество их существенно ниже, чем в приготовленной мною смеси.

Заключение. В ходе подготовки и выполнения работы были решены следующие задачи:

1. Изучена литература по методам хроматографического анализа, в том числе по тонкослойной хроматографии.
2. Систематизирована информация о различных видах овощных соков, их пищевой ценности, принятых для них пищевых стандартах.
3. Проведена дегустация овощных соков для выявления вкусовых предпочтений детей, принявших в ней участие.
4. Сделана оценка аналитических параметров хроматограмм некоторых свежавыжатых овощных соков из свежих продуктов.
5. Проведена оценка качества продающихся овощных соков тех же видов по содержанию каротина, хлорофилла и клетчатки.

Значимость исследования. В итоге исследования было установлено, что лучшими качествами по данным параметрам обладают свежавыжатые соки. Среди проанализированных покупных соков лучшими по исследованным параметрам стали сок «Я» и соки для детского питания серии «Фруто-Няня», которым мы теперь можем дать рекомендацию.

Выяснилось, что добавление приятных вкусовых добавок (в соке «Фруктовый сад» – сахара) может сделать потребительские предпочтения необъективными (результаты дегустации), что доказывает

необходимость и оправданность химического анализа продаваемых соков, в том числе методом ТСХ.

Метод тонкослойной хроматографии, как мы доказали в ходе экспериментов, удобен и прост в использовании и одновременно эффективен при идентификации овощных соков.

В перспективе возможно продолжение анализа овощных соков другими методами аналитической химии, например, можно выяснить содержание вредных веществ, различных добавок в этих соках.

Литература и интернет-ресурсы:

1. Энциклопедический словарь юного химика / В.А.Крицман, В.В.Станцо. – М.: Педагогика, 1982. – 368 с.
2. Волков В.А. Коллоидная химия – Хроматография
<http://www.xumuk.ru/colloidchem/66.html> (02.12.08)
3. Ештокин В.И. Основы тонкослойной хроматографии
<http://merlin.com.ua/chem/tsx.html> (13.02.09)
4. Лобода А. Знаменитые напитки – кока-кола и другие. Исследовательская работа. МОУ Гимназия №32 www.sch982.ru (2.12.08)
<http://www.sch982.ru/modules/myarticles/145.html>
5. Овощные и травяные соки
http://www.gastronom.ru/kb_prod.aspx?id_kb=828 (9.12.08)
6. Ольгин О. Опыты без взрывов: Хроматография на дому.
<http://www.alhimik.ru/read/olg24.html> (3.12.08)
7. Сельдерея пахучий. Полезные и целебные (лечебные) свойства сельдерея. Сок сельдерея. <http://www.inmoment.ru/beauty/health-body/useful-properties-products-s2.html> (13.02.09)
8. Тонкослойная хроматография - Википедия (2.12.08)
9. Хроматография в современной химии
<http://him.1september.ru/articlef.php?ID=199903201> (13.02.09)
10. Шноль С. Три времени Цвета: М.С.Цвет Открытие хроматографии// Знание-Сила-проекты http://www.znание-sila.ru/projects/issue_85.html (30.12.08)



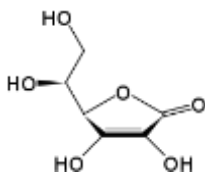
Определение аскорбиновой кислоты (витамина С) в овощах и фруктах

Муратова Майя

11 класс

Научный руководитель Н.В. Кулешова,
канд. хим. наук

Отработана методика йодометрического определения аскорбиновой кислоты (витамина С) с потенциометрическим детектированием. Проведено определение содержания витамина С в некоторых овощах и фруктах. Погрешность определения не превышает 10%. Рассчитаны физиологически обоснованные нормы потребления овощей и фруктов для удовлетворения суточной потребности среднестатистического человека в витамине С.



- Аскорбиновая кислота
- Витамин С
- $C_6H_8O_6$
- Лактон 2,3-дегидро-L-гулоновой кислоты

Витамин С – мощный антиоксидант. Он играет важную роль в регуляции окислительно-восстановительных процессов, участвует в синтезе коллагена и проколлагена, обмене фолиевой кислоты и железа, а также синтезе стероидных гормонов и катехоламинов. Аскорбиновая кислота также регулирует свертываемость крови, нормализует проницаемость капилляров, необходима для кроветворения, оказывает противовоспалительное и потивоаллергическое действие.

Значительное количество аскорбиновой кислоты содержится в продуктах растительного происхождения (цитрусовые, овощи листовые зеленые, дыня, брокколи, брюссельская капуста, цветная и кочанная капуста, черная смородина, болгарский перец, земляника, помидоры, яблоки, абрикосы, персики, хурма, облепиха, шиповник, рябина, печеный картофель в "мундире"). В продуктах животного происхождения представлена незначительно (печень, надпочечники, почки).

Лишь немногие люди, и особенно дети, едят достаточно фруктов и овощей, которые являются главными пищевыми источниками витамина. Тепловая обработка, хранение и биохимическая переработка при-

водят к разрушению большей части витамина С, который мы в ином случае могли бы получать из пищи. Еще больше его сгорает в организме под влиянием стресса, курения и других источников повреждения клеток наподобие дыма и смога. Повсеместно используемые медикаменты, вроде аспирина и противозачаточных таблеток, в огромной степени лишают наш организм тех количеств витамина, которые нам все-таки удалось получить.

Средневзвешенная норма физиологических потребностей составляет 60–100 мг в день. Обычная терапевтическая доза составляет 500–1500 мг ежедневно.

При обследовании детей в больницах Москвы, Нижнего Новгорода, Екатеринбурга и других городов дефицит витамина С обнаруживается у 60–70% детей.

Витамин С синтезируется и в природных условиях, и в химических производствах. Аналитический контроль за его содержанием является важной задачей.

Методика определения. Навеску аскорбиновой кислоты (взвешенную на аналитических весах), или препарата, ее содержащего, количественно переносят в мерную колбу емкостью 200 мл, растворяют и доводят до метки дистиллированной водой. В стакан для титрования отбирают пипеткой 20 мл приготовленного раствора, добавляют 5 мл раствора серной кислоты ($C(1/2 \text{ H}_2\text{SO}_4) = 2$ моль/л) и 10 мл раствора йода ($C(1/2 \text{ J}_2) = 0,05$ моль/л). Накрывают стакан стеклом, перемешивают и выдерживают в течение 5 минут для полного протекания реакции.

Избыток йода титруют потенциометрически раствором тиосульфата натрия ($C(1/1 \text{ Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 0,1$ моль/л), используя в качестве индикаторного электрода платиновый, а в качестве вспомогательного – хлор-серебряный. В начале титрования прибавляют по 0,5 мл титранта, а вблизи точки эквивалентности – по 0,1 – 0,2 мл, записывая после каждого титрования показания прибора.

Проводят как минимум три параллельных титрования. Строят кривые титрования в координатах E (мВ) – V (мл). По ним находят величину эквивалентного объема раствора тиосульфата натрия, а затем – содержание аскорбиновой кислоты в исследуемой пробе.

Проанализированы свежевыжатые соки из следующих продуктов: яблоки, лимоны, мандарины, свежая капуста, квашеная капуста, зелёный перец.

Таблица 1
Содержание аскорбиновой кислоты в продуктах

Продукт	Содержание аскорбиновой кислоты (мг/л)
Яблоки	130
Лимоны	530
Мандарины	260
Капуста свежая	400
Капуста квашенная	570
Перец зеленый	1270

Таблица 2
Количество продуктов, необходимое для получения суточной дозы витамина С

Свежевыжатые соки	
Яблочный	около 100 мл
Лимонный	около 20 мл
Мандариновый	около 50 мл
Квашенная капуста	около 30 г
Свежая капуста	около 50 г
Перец зеленый	около 10 г

Выводы:

- 1) отработана методика йодометрического определения аскорбиновой кислоты с патенциометрическим детектированием;
- 2) определено содержание аскорбиновой кислоты в лимонах, яблоках, мандаринах, зеленом перце, капусте свежей и квашеной;
- 3) рассчитано целесообразное ежедневное потребление овощей и фруктов для получения суточной дозы аскорбиновой кислоты

Литература

1. Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 2 Методы химического анализа: Учеб. для вузов / Ю.А. Золотов, Е.Н.Дорохова, Ф.И. Фадеева и др. – М.: ВШ, 1996.– 461с.
2. Русин Г.Г. Физико-химические методы анализа в агрохимии. – М.: Агропромиздат, 1990.–303с.
3. Романовский В.Е., Синькова Е.А. Витамины и витаминотерапия // Медицина для вас. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2000. – 320 с.
4. Молчановой О.П. Основы рационального питания. – М.: Медгиз, 1949.

Математика



Степенные ряды

Столярова Анастасия

11 класс

Научный руководитель С.Е. Фильченков,
канд. физ.-мат. наук



Темой исследования являются степенные ряды. Они находят свое применение при вычислении значений функций, решении уравнений, доказательстве тождеств. В работе представлены условия и признаки сходимости, примеры разложения функций в ряд Тейлора. Работа представляет интерес для студентов инженерных, физико-математических факультетов и факультетов информатики.

Степенные ряды находят свое применение при вычислении значений функций, решении уравнений, доказательстве тождеств.

Применение степенных рядов для решения различных задач основано на возможности представления непрерывных, в частности элементарных, функций в виде бесконечных сумм степеней, называемых рядами Тейлора. С помощью этих разложений можно с любой точностью вычислить значения различных функций, интегралов, чисел e , π , найти пределы, решить уравнения и т.д. Именно на их базе основаны вычисления элементарных и специальных функций, производимые компьютерами. Изучением и развитием данной темы занимались многие ученые, такие как Б. Тейлор, К. Маклорен, Ж.Д'Аламбер, Ж. Лагранж, О. Коши, Н. Абель, П. Дирихле, Ж. Адамар и др.

Основные определения и свойства рядов

1. Выражение, состоящее из бесконечной последовательности слагаемых, называется *числовым рядом*: $a_1 + a_2 + \dots + a_n + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} a_n$, где a_n

– *общий член ряда*, а конечная сумма $S_k = \sum_{n=1}^k a_n$ – *k-я частичная (или частная) сумма ряда*. Если существует предел последовательности частных сумм, то ряд называется *сходящимся*, а этот предел – *суммой*

ряда: $S = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n \equiv \sum_{n=1}^{\infty} u_n$.

Если ряд, составленный из модулей, сходится, то исходный ряд сходится *абсолютно*.

Сходящийся ряд, который не сходится абсолютно, сходится *условно*.

Если последовательность частных сумм ряда расходится, т.е. не имеет предела или имеет бесконечный предел, то ряд называется *расходящимся*, и у него нет суммы.

2. Ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} = 1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \dots + \frac{1}{n} + \dots$ называется *гармоническим* и расходится.

3. Ряд, членами которого являются функции, называется *функциональным рядом*:

$$f_1(x) + f_2(x) + \dots + f_n(x) + \dots = \sum_{n=1}^{\infty} f_n(x).$$

4. Функциональный ряд, расположенный по положительным возрастающим степеням переменной x , называется *степенным рядом*:

$$a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2 + \dots + a_n(x - x_0)^n + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} a_n(x - x_0)^n,$$

где x_0, a_n — комплексные числа, не зависящие от комплексного переменного x .

5. Функциональный ряд вида

$$a_0 + (a_1 \cos x + b_1 \sin x) + \dots + (a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)) + \dots$$

называется *тригонометрическим рядом* Фурье.

Действия над рядами

Суммой (разностью) двух рядов называется ряд

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n \pm \sum_{n=1}^{\infty} b_n = \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \pm b_n) = (a_1 \pm b_1) + (a_2 \pm b_2) + (a_3 \pm b_3) + \dots$$

Суммы и разности сходятся, если сходятся оба исходных ряда. Если

$$\sum_{n=1}^{\infty} a_n = A, \quad \sum_{n=1}^{\infty} b_n = B, \quad \text{то} \quad \sum_{n=1}^{\infty} (a_n + b_n) = A + B, \quad \sum_{n=1}^{\infty} (a_n - b_n) = A - B.$$

Произведением ряда на число называется ряд

$$c \sum_{n=1}^{\infty} a_n = \sum_{n=1}^{\infty} ca_n = ca_1 + ca_2 + ca_3 + \dots, \quad \text{причем} \quad \sum_{n=1}^{\infty} ca_n = cA.$$

Произведением рядов называется ряд $\sum_{n=1}^{\infty} c_n$, где

$c_n = a_1 b_n + a_n b_{n-1} + \dots + a_n b_1$ при $n \in \mathbb{N}$. Если исходные ряды сходятся абсолютно, то ряд произведения также сходится абсолютно, и его

сумма равна произведению сумм данных рядов. Если из двух сходящихся рядов хоть один сходится абсолютно, то их произведение – сходящийся ряд.

Признаки сходимости.

Признаки сходимости числового ряда с неотрицательными членами

Признак Коши. Пусть для ряда $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ с неотрицательными членами существует $l = \overline{\lim}_{n \rightarrow \infty} \sqrt[n]{a_n}$. Тогда при $l < 1$ ряд сходится, а при $l > 1$ ряд расходится, и даже его общий член не стремится к нулю.

Признак Д'Аламбера. Пусть для ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ существует

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_{n+1}}{a_n} = q.$$

Тогда при $q < 1$ ряд сходится, а при $q > 1$ ряд расходится.

Признак Рабе. Пусть для ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ существует

$$\lim_{n \rightarrow \infty} n \left(\frac{a_n}{a_{n+1}} - 1 \right) = q.$$

Тогда при $q > 1$ ряд сходится, а при $q < 1$ ряд расходится.

Признак Гаусса. Пусть для ряда $\sum_{n=1}^{\infty} a_n$ выполняется

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{n^m + b_1 n^{m-1} + 2 + b_m}{n^m + c_1 n^{m-1} + 2 + c_m}.$$

Тогда при $c_1 - b_1 > 1$ ряд сходится, а при $c_1 - b_1 < 1$ ряд расходится.

Признаки сходимости для знакпеременных рядов

Признак Лейбница. Знакочередующийся ряд $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_n, a_n > 0$ сходится, если a_n монотонно стремится к нулю. При этом $|S - S_k| \leq a_{k+1}$.

Признак Дирихле. Если последовательность a_n монотонно стремится к нулю, а частичные суммы $\sum_{n=1}^k b_n$ ограничены, то знакпеременный ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n b_n$ сходится.

Признак Абеля. Если сходится ряд $\sum_{n=1}^{\infty} b_n$ и числа a_n образуют монотонную и ограниченную последовательность, то ряд $\sum_{n=1}^{\infty} a_n b_n$ сходится.

Степенные ряды. Сходимость

Областью сходимости степенного ряда является открытый круг

$$D = \{x : |x - x_0| < R\},$$

который называется *кругом сходимости*, а его *радиус сходимости* R , $0 \leq R \leq +\infty$, выражается через коэффициенты ряда по *формуле Коши — Адамара*: $\frac{1}{R} = \overline{\lim}_{n \rightarrow +\infty} \sqrt[n]{|a_n|}$. В точках окружности $|z - z_0| = R$ ряд может и сходиться, и расходиться. Сходимость ряда на этой окружности требует дополнительного исследования.

Сумма сходящегося функционального ряда есть функция того же аргумента, что и члены ряда. Возникает вопрос: возможно ли для заданной функции построить функциональный ряд, сходящийся к ней? Ответом служит *формула Тейлора* для бесконечно дифференцируемой функции:

$$f(x) = f(a) + \sum_{k=1}^n \frac{f^{(k)}(a)}{k!} (x-a)^k + r_n(x).$$

Эта формула при $a=0$ определяет разложение функции в *ряд Маклорена*:

$$f(x) = f(0) + \frac{f'(0)}{1!} x + \frac{f''(0)}{2!} x^2 + \dots + \frac{f^{(k)}(0)}{k!} x^k + \dots$$

Применение рядов

С помощью рядов можно вычислить значения тригонометрических функций, логарифмов чисел, корней, определенных интегралов. Для вычисления натуральных логарифмов чисел применяется формула

$$\ln \frac{N+1}{N} = \ln(N+1) - \ln N = \left(\frac{1}{2N+1} + \frac{1}{3} \frac{1}{(2N+1)^3} + \frac{1}{5} \frac{1}{(2N+1)^5} + \dots \right).$$

Для вычисления корней применяют биномиальный ряд, т.е. степенной ряд для функции $f(x) = (1+x)^a$.

Для приближенного вычисления определенного интеграла подынтегральную функцию разлагают в степенной ряд, который интегрируют почленно, а затем суммируют несколько первых слагаемых.

Для приближенного вычисления тригонометрических функций можно использовать их разложения в ряд Маклорена. При этом оче-

видно, что точность вычисления зависит от количества учтенных членов ряда и от величины аргумента. Как правило, достаточно двух-трех слагаемых, чтобы получить хорошую точность в промежутке от 0 до $\pi/4$.

Интерполяция – это восстановление значения функции в промежуточной точке по известным ее значениям в соседних точках.

Простейшей формой интерполяционного полинома является интерполяционный полином Лагранжа, коэффициенты которого асимптотически близки к коэффициентам ряда Тейлора. Однако эта форма интерполяционного полинома не очень подходит для практического применения. Доказано, что существует целый класс функций, которые не могут быть интерполированы полиномом на равномерной сетке. Это функции, имеющие полюса на комплексной плоскости в окрестностях отрезка интерполяции. Например, Рунге в 1901 г. пытался интерполировать полиномами на интервале $[-1, 1]$ простую функцию

$$y(x) = \frac{1}{1 + 25x^2}$$

при равномерном распределении абсцисс. Выяснилось, что при бесконечном увеличении порядка n интерполяционный полином $p_n(x)$ расходится в интервалах $0,726... \leq |x| < 1$. Однако полиномиальная интерполяция дает в примере Рунге очень хорошее согласие в центральной части интервала, что привело к идее о *сплайн-интерполировании* посредством движущегося полинома.

Литература

1. Бесов О. В. Методическое указание по математическому анализу. Курс лекций по математическому анализу. Ч.1. – М.: МФТИ, 2004.
2. Гусак А.А., Гусак Г.М., Бричикова Е.А. Справочник по высшей математике. – Мн.: ТетраСистемс, 1999.
3. Дж. Форсайт, М. Малькольм, К. Моулер. Машинные методы математических вычислений – М.: Мир, 1980.
4. Зельдович Я.Б. Высшая математика для начинающих и ее приложения к физике. – М.: Физматгиз, 1963.
5. Математический энциклопедический словарь. – М.: СЭ, 1988.

История науки



Возникновение науки как общественного института

Холин Егор

9 класс

Научный руководитель Р.А. Гоголев,
канд. философ. наук



Работа посвящена изучению факторов, приведших к возникновению науки и рациональности. В ходе работы применялись общенаучные методы познания: анализ, обобщение и методы работы с историческими текстами (интерпретация, реконструкция). Актуальность темы в её обращении к научной мысли древних авторов и попытке обобщения существующих исследований по этой теме.

Актуальность темы. Человечество в своем современном виде существует более 12 тыс. лет со времен основания Древнего Египта и других цивилизованных государств, а первый человек, по словам ученых, появился несколько миллионов лет назад. Но вплоть до VI века до н.э. такого понятия как «наука» просто не существовало.

Современный человек, обладая большим объемом знаний, редко задумывается о причинах и условиях возникновения науки, оставляя эту тему в стороне. Процесс возникновения науки почти не затрагивается в размышлениях современного человека о её роли и возможностях, и он воспринимает её как данность. В таком контексте и вследствие сложившейся ситуации возвращения научного наследия античности эта тема будет выглядеть уместно и актуально.

Темы, как и почему возникла наука, в той или иной мере касались многие ученые. Выделим три исследования. Ричард Онианс описал мировоззрения греков до возникновения науки. С.М. Антаков и Ф.Х. Кессиди коснулись проблемы «греческого чуда», а Ю.А. Шичалин непосредственно описал процессы возникновения научного мировоззрения в античной культуре.

Итак, *цель данной работы* состоит в раскрытии механизма возникновения науки как института и как деятельности в Древней Греции в VIII–V веках до н. э. Для достижения этой цели нам придется решить несколько *задач в ходе исследования*. Во-первых, нужно проанализировать мифологическую картину мира Древней Греции. Во-вторых, надо рассмотреть исторические и культурные особенности греческой цивилизации, приведшие к возникновению научной рациональности.

В-третьих, раскрыть особенности научного метода Пифагора. И, в-четвертых, указать принципы интеллектуальной деятельности в Пифагорейском союзе.

Предметом нашего исследования являются социально-культурные процессы в Древней Греции, которые привели к возникновению науки.

Объектом нашего исследования являются литературные источники, как составляющие древнегреческой научной мысли, а также науковедческая исследовательская и аналитическая литература.

Мир древнего грека до появления науки

На первый взгляд, трудно представить мир без науки, но до какого-то момента древние греки обходились совсем без этого понятия. Времени на то, чтобы задумываться о чем-то постороннем, кроме быта, было не так уж и много. Этот период до возникновения науки (8–6 вв. до н. э.) в истории Древней Греции называется архаикой. Тогда жизнь грека протекала в постоянных заботах о завтрашнем дне, о быте и о хозяйстве.

Стоит отметить, что греки хоть и близки к нам, современным, европейским людям, но многие их взгляды и обычаи, сильно отличаются от сегодняшних, и совсем не понятны нам. Например, обман в мировоззрении греков не был ни грехом, ни чем-то порочным, наоборот, это поощрялось как талант. Гомер так писал про Автоликона, известного обманщика: «...как пришел посетить на Парнасе Автоликона, по матери деда (с его сыновьями), славного хитрым притворством и клятвонарушением – Эрмий тем дарованьем его наградил, поелику он много бедр от овец и от коз приносил благосклонному богу» [5;501].

Описание жизни грека до возникновения науки можно найти у двух великих греческих поэтов – Гесиода и Гомера. Гесиод был родом из беотийской деревушки, темой его творчества являлась жизнь обычного греческого крестьянина. Гомер же был поэтом другого толка. Он был бродячим слепым аэдом, сказителем и написал две известнейшие поэмы – «Илиада» и «Одиссея».

Если не было науки, то возникает вопрос, что ее заменяло, т. е. откуда греки черпали свои знания о природе и мире? Эту роль в греческой цивилизации играла религия, знаменитые мифы Древней Греции. Именно в них грек мог найти все ответы на вопросы, связанные с мирозданием.

Отношение к богам у древних греков существенно отличалось от других народов. С одной стороны, греки, конечно, уважали своих бо-

гов и приписывали им всемогущество, но они не идеализировали божеств в нравственном плане, не делали богов непорочными и безгрешными.

Итак, мы видим, что жизнь древнего грека была однообразна и протекала в постоянных лишениях. Все их мировоззрение заключалось в религии, которая заменяла место науки. Религия древних греков имела свои характерные особенности: антропоморфизм богов и полная покорность судьбе.

Культурные предпосылки и исторически причины возникновения науки

Говоря о появлении науки, прежде всего, стоит сказать о «греческом чуде», культурной революции произошедшей в Греции. «Греческое чудо» обозначает появление мышления нового типа, отличного от существующих в то время.

Разумеется, возникает вопрос, почему это «греческое чудо» произошло именно в Греции, а не в других странах. Во-первых, следует отметить разницу в государственном устройстве. В Греции существовала полисная демократия, которой все греки сильно дорожили. Во-вторых, немаловажным отличием является религия греческого народа и антропоморфизм греческих богов. Как уже было сказано в первой главе, греки не идеализировали божеств в нравственном плане, считая их подобными себе. В-третьих, необходимо сказать об уникальном феномене, существовавшем только в Древней Греции. Этот феномен – Олимпийские игры. Победителей этих игр считали избранными богами, поэтому они, по мнению греков, могли стать достойными правителями. У греков также существовал принцип калокагатии – сочетание физических и нравственных достоинств; считалось, что сильный и красивый человек обязательно умен и добр. Получалось, что правитель являлся олицетворением трех видов власти: судебной, исполнительной и законодательной. Причем закона как такового не существовало, государь судил, не исходя из какого-то единого свода правил, а исходя из своих нравственных соображений, традиций и обычаев. Залогом же правильности его действия являлся тот факт, что он был избран богами. Греки считали, если он нарушит свой долг правителя, он будет наказан и не станет правителем в следующий раз.

Итак, из сказанного выше видно, что Греция имела свои отличительные особенности от других государств, которые вылились в появление «греческого чуда» и возникновение науки. Эти отличия заклю-

чались в государственном устройстве Древней Греции, религии и мифологии греков, а также существовании Олимпийских игр, как своеобразных выборов правителя.

Однако почему же все-таки в Греции появилась наука?

Тому были свои причины. Греческое общество не могло оставаться статичным. Ведь если государство успешно развивается, то будет увеличиваться количество населения. Людей будет становиться все больше, и одному человеку, правителю, будет просто невозможно управлять этим огромным количеством человек.

Было просто необходимо создать какую-то функциональную систему, с помощью которой можно было бы удобно управлять государством, то есть необходимо было создать свод законов, зафиксировать и огласить их. Таким образом, правитель переставал быть единственным носителем закона, и закон уже не менялся от случая к случаю, а оставался постоянным.

Но кто же в Древней Греции составил и записал эти законы? Это роль на себя взяли греческие мудрецы.

Таким образом, с помощью мудрецов, почти в каждой области Греции были составлены свои законы. Однако они отличались друг от друга, т. к. страна была сильно раздроблена. Грекам пришлось их соединить и скоординировать вследствие общей угрозы.

Этой угрозой стала Персия, старинный враг Греции. На протяжении многих лет между ними были кровопролитные войны. После этих войн Греция уже не была раздробленным государством, однако ее и нельзя было назвать целой. Все греческие города сплотились около двух центров: Спарты и Афин.

Итак, нам удалось выяснить, что греческое общество сильно изменилось за счет внутренних и внешних факторов: роста населения и внешней угрозы Персии. Причем в процессе изменения большое влияние оказали те особенности и отличия Греции, которые существовали раньше. Вследствие этих отличий греческое общество существенно отличалось от варваров, что в итоге породило рациональность мышления и современный научный метод.

В процессе вышеописанного реформирования власть в Греции перешла от физически развитых людей, победителей олимпийских игр к интеллектуалам, мудрецам, таким как Солон и Фалес. Но мудрецы не были профессионалами, поэтому в Греции появился социальный заказ на интеллектуалов нового поколения.

Пифагорейский союз как первое научное учреждение

Пифагор родился на острове Самосе около 570 г. до н. э., его отцом был Мнесарх, резчик по драгоценным камням. Пифагора можно назвать родоначальником науки, так как именно он придал ей современный вид и форму.

Пифагорейский союз являлся религиозным братством, политической партией, а также научно-философской школой. Устав союза был очень строг, вступая в него, люди отказывались от имущества, обязывались не разглашать учения Пифагора. Пифагорейский союз обладал тремя современными основополагающими принципами научной деятельности: собирание знаний, их прирост и трансляция. Таким образом, этот союз являлся первым научным учреждением, так как обладал всеми свойствами современных институтов.

Как мы уже упоминали, ученики Пифагора комментировали собранные ими знания. Комментирование – это процесс прироста новых знаний, своего рода научное исследование, проводимое пифагорейцами. Пифагорейские ученики прокомментировали и «Илиаду», в которой нам интересен момент смерти Сарпедона. Гомер пишет, что Зевс попросил Гефеста выковать стрелу, после чего Зевс убил ею Сарпедона. В комментарии же сказано, что такое действие было недостойно могущества громовержца. Поэтому бог не просил Гефеста ничего ковать, а просто свел вместе две тучи: горячую и холодную, вследствие чего образовалась молния, которая и поразила Сарпедона. В первом случае действовало только два мира: мир богов и мир людей. А во втором уже три: мир богов, мир людей и природа в виде двух туч. Таким образом, появился новый объект для наблюдений – природа.

Заключение. Итак, в ходе работы нам удалось выяснить, что Греции были присущи закономерности развития любого традиционного общества, это рост населения, появление законодательства и т. д. Однако в ходе этого процесса развития сказались особенности греческого общества и культуры, что привело к возникновению науки.

Появление науки обусловило изменение уклада жизни, государственного строя, культурных традиций. В процессе рождения рациональности был выполнен переход к обществу интеллектуалов, т.е. власть стала принадлежать людям умственной, а не физической деятельности.

В результате этих процессов появился пифагорейский союз, который впервые стал познавать окружающий мир через изучение приро-

ды, а также создал триединый принцип научного метода: накопление, прирост и трансляция. Таким образом, союз являлся первым научным институтом современного типа и породил методы, являющиеся актуальными по сей день.

Рождение науки и философии способствовало развитию многих дисциплин. Например, появление истории было обусловлено возникновением прозы. Вследствие рождения науки возник и исторический феномен. Греки, в частности Геродот, первыми начали записывать сведения об укладе жизни, а также о различных исторических событиях и эволюции многих государств.

Источники

1. *Гесиод. Теогония* // Полное собрание текстов. – М., 2001. – 256 с.
2. *Гесиод. Труды и дни* // Полное собрание текстов. – М., 2001. – 256 с.
3. *Гомер. Илиада* // Гомер. Илиада. Одиссея. – М., 1967. – 584 с.
4. *Гомер. Одиссея* // Гомер. Илиада. Одиссея. – М., 1967. – 584 с.
5. *Диоген Лаэртский. О жизни, учениях и изречениях знаменитых философов.* – М., 1998. – 572 с.
6. *Пифагорейские золотые стихи с комментариями Гиерокла.* – М., 2000. – 160с.
7. *Фрагменты ранних греческих философов.* – М., 1989.

Литература

8. *Антаков С.М.* Генезис теоретического мышления и становление техногенной цивилизации. // *Культура и цивилизация: вопросы теории и истории.* – Н.Н., 1998. – 271 с.
9. *Гаспаров М.Л.* Занимательная Греция. – М., 2007. – 464 с.
10. *Кессиди Ф.Х.* От мифа к логосу. – М., 1972.
11. *Кун Н.А.* Легенды и мифы Древней Греции. – Ростов-на-Дону: Феникс, 1998. – 480 с.
12. *Онианс Р.* На коленях богов. – М., 1999. – 592 с.
13. *Шичалин Ю.А.* История философии: Запад – Россия – Восток. – М., 1995. – 480 с.
14. *Шичалин Ю.А.* Статус науки в орфико-пифагорейских кругах. – М., 1997. – 319 с.
15. *Штоль Г.В.* История Древней Греции в биографиях. – С., 2003. – 528 с.

Психология научного творчества



Исследование мотивации к достижениям как условия жизненного успеха

Ахмеджанов Дмитрий

8 класс

Научный руководитель С.В. Шибанкова,
канд. психолог. наук



Работа направлена на выявление отличительных особенностей показателей мотивации достижения успеха взрослых и школьников. В теоретической части исследования рассматриваются такие понятия, как потребность, мотивы, мотивация достижения успеха и избегания неудачи, анализируется понимание жизненного успеха. Экспериментальная часть исследования содержит описание диагностики мотивации достижения посредством методики Шварцландера, анализ полученных показателей. Работа является значимой в актуальной ситуации недостатка мотивации достижений взрослых и особенно школьников.

Понимая, что успешность человека напрямую зависит не только от его интеллектуальных способностей, но и от личностных качеств, в своей работе мы предположили, что среди личностных характеристик, влияющих на успешность, одной из ведущих является высокая мотивация к достижению потому, что при этом человек смело берется за новые дела, открыт неизвестному, активен и предприимчив на пути постижения истины, он не останавливается на достигнутом и всегда жаждет большего.

Старшеклассники стоят перед выбором будущей профессии, им просто необходимо быть активными и стремиться к высоким жизненным целям, для чего обязательно необходим высокий уровень мотивации к достижениям. Кроме того, человек с низким уровнем потребности в достижениях ограничивает себя в развитии, а мотивация достижений носит положительный характер. При такой мотивации действия человека направлены на то, чтобы достичь конструктивных, положительных результатов. Личностная активность здесь зависит от потребности в достижении успеха.

А вот мотивация боязни неудачи относится к негативной сфере. При данном типе мотивации человек стремится, прежде всего, избежать порицания, наказания. Ожидание неприятных последствий – вот что определяет его деятельность. Ничего не сделав, человек уже боится возможного провала и думает, как его избежать, а не как добиться успеха.

Анализ многочисленных экспериментов, касающихся этой проблемы, позволяет нарисовать обобщенный портрет этих двух типов мотивации, ориентированных, соответственно, на успех и на неудачу.

Для сравнения уровней притязаний и мотивации к достижениям у взрослых и детей мы использовали методику «Моторная проба Шварцландера». Задание давалось как тест на моторную координацию, об истинной цели исследования испытуемый не должен знать вплоть до окончания исследования. Испытуемому дается задание проставить крестики в максимальное количество квадратов одной из прямоугольных секций за определенное время (4 пробы по 10, 10, 8, 10 секунд). Перед каждой пробой испытуемого просят назвать количество квадратов, которое он может заполнить крестиками, и ответ записать. Далее испытуемый подсчитывает количество проставленных крестиков и записывает число.

В состав участников эксперимента входило две выборки, общей численностью 30 человек: 15 человек – учащиеся средней школы в возрасте от 12 до 15 лет; 15 человек выборка взрослых в возрасте от 26 до 59 лет. Исследование проводилось в декабре 2008 года.

Цель обработки результатов – получить среднюю величину целевого отклонения, на основании которого определяют уровень притязаний испытуемого. Целевое отклонение (ЦО) – это разность между количеством графических элементов (крестиков), которые испытуемый намечал расставить, и реально расставленным количеством элементов. Они отмечаются на бланке каждым испытуемым самостоятельно в графах «УП» и «УД». При этом «УП» – это число, находящееся в верхней большой ячейке той или иной прямоугольной секции, а «УД» – в нижней.

Целевое отклонение подсчитывают по формуле

$$\text{ЦО} = \frac{(\text{УП}_2 - \text{УД}_1) + (\text{УП}_3 - \text{УД}_2) + (\text{УП}_4 - \text{УД}_3)}{3},$$

где УП_2 , УП_3 и УП_4 – величины уровней притязаний в расстановке крестиков в квадраты каждой из 2-й, 3-й и 4-й проб; УД_1 , УД_2 , УД_3 – величины уровня достижения в 1-й, 2-й и 3-й пробах соответственно.

Анализируя результаты, важно отметить, что в данном исследовании уровень притязаний определяется по целевому отклонению, то есть по различию между тем, что человек наметил выполнить за определенное время, и тем, что он в действительности выполнил. Исследование позволяет выявить уровень и адекватность, иначе реалистич-

ность, притязаний испытуемого. Уровень притязаний связан с процессом целеполагания и представляет собой степень локализации цели в диапазоне трудностей. Адекватность притязаний указывает на соответствие выдвигаемых целей и возможностей человека.

Для определения уровня и адекватности притязаний использовались следующие стандарты.

Стандарты уровня притязаний

Целевое отклонение	Уровень притязаний
5 и более	нереалистично высокий
3–4,99	высокий
1–2,99	умеренный
–1,49–0,99	низкий
–1,5 и ниже	нереалистично низкий

В исследовании мы посчитали необходимым ориентироваться на полученные показатели и определяли уровень притязаний отдельно по выборкам. Это связано с тем, что мотивация к достижениям относится к личностным характеристикам человека, а уровень сформированности личности отличается у взрослых и учащихся. То есть, например, у взрослых мы считали результат 0,33 низким, а у детей он считался средним.

В результате исследования, нами были получены *следующие отличительные особенности* мотивации к достижениям (МД) учащихся и взрослых:

1. По выборке учащихся наблюдается равномерное распределение высоких, средних и низких показателей МД (33% – 33% – 33%).
2. По взрослой выборке наблюдается преобладание среднего уровня МД (26% – 48% – 26%).
3. У взрослых высокий уровень МД выражен слабее, чем у учащихся (26%–33%), однако и низкий уровень МД встречается реже (33%–26%)

Более выраженный (на 7% по данной выборке) высокий уровень МД учащихся объясняется, по нашим предположениям, тем, что школьникам, в отличие от взрослых, ещё многого в жизни надо добиваться и они, как показывает исследование, это не только понимают, но и мотивированны на достижения.

Взрослые по большей части удовлетворены имеющимися достижениями и их показатели МД соответствуют среднему и низкому зна-

чениям(48%+26%). Поэтому их стремление к достижениям ниже (на 7%), чем у учащихся.

Мы предполагаем, что при исследовании более многочисленной выборки наши выводы усилились бы и подтвердились.

Таким образом, исследование подтвердило выдвинутую нами гипотезу о большей выраженности у школьников мотивация к достижениям, чем у взрослых. Происходит это, на наш взгляд, в силу двух факторов: внешних, как постоянное пребывание учащихся в ситуациях необходимости достигать поставленных целей, а также внутренних, как необходимость профессионально-личностного самоопределения. Наши взгляды подтверждают современные психологи-исследователи, однако нам было интересно получить свой результат и убедиться в данном положении дел.

По нашему мнению, исследование можно продолжить и изучить не только отличительные особенности мотивации достижений взрослых и детей, но и проанализировать причины различий, ведь в данной работе мы о них только предположили.

Литература

1. *Бодалев А.А., Рудкевич Л.А.* Как становятся великими или выдающимися. – М., 2003.
2. *Грецов А.Г.* Психология жизненного успеха для старшеклассников и студентов. – СПб., 2008.
3. *Никифоров Г.С., Дмитриева М.А., Снетков В.М.* Практикум по психологии менеджмента и профессиональной деятельности. – СПб., 2003
4. Психологический словарь / Под. ред. В.П. Зинченко, Б.Г. Мещерякова. – М. 1996.

Исследование выбора профессии старшеклассниками в традиционном и инновационном обучении

Евдеев Борис

9 класс

Научный руководитель Е.В. Рязанова



В данной работе исследованы особенности профессионального выбора школьников, занимающихся в специально организованных условиях дополнительного научного образования в сравнении с выбором школьников общеобразовательной школы. Профессиональные предпочтения учащихся были исследованы с помощью «Дифференциально-диагностического опросника Е.А. Климова», методики «Диагностика мотивационной структуры личности В. Э. Мильмана» и опросника «Карта интересов» А.Е. Голомштока. В результате исследования была подтверждена гипотеза, что специально организованное дополнительное обучение позволяет сформировать у учеников предпосылки правильного выбора будущей профессии.

Согласно современным взглядам, индивидуальность человека является продуктом его собственной деятельности и проявляется в выборе тех сфер социального опыта, тех деятельностей, тех отношений, которые личность присваивает, делает своими в ходе жизни.

Процесс принятия личностью решения о выборе будущей трудовой деятельности, принадлежности к определенной социальной группе – важное событие на жизненном пути человека, которое простирается далеко в будущее, предопределяет, в конечном счете, многие стороны жизни, участвует в формировании образа «Я».

Счастлив лишь тот выпускник школы, который точно знает, что может только шить или, например, чинить автомобили и больше ничего не умеет делать. А если человек, обладая разносторонними знаниями и способностями, не знает, какое профессиональное сообщество осчастливить своими талантами? Для ответа на этот вопрос нами было проведено специальное исследование *профессиональных предпочтений учащихся с помощью «Дифференциально-диагностического опросника Е.А. Климова», методики «Диагностика мотивационной структуры личности В. Э. Мильмана» и опросника «Карта интересов» А.Е. Голомштока. В качестве испытуемых мы привлекли старшеклассников из общеобразовательных школ и участников программы дополнительного научного образования.*

Целью данной работы являлось исследование профессионального выбора школьников в специально организованных условиях профес-

сиональной ориентации и сравнение его с выбором школьниками общеобразовательной школы.

В результате проведенного исследования были получены следующие результаты:

1. По результатам «Дифференциального диагностического опросника» необходимо отметить тенденцию к показателю человек-техника и показателю человек-знак у экспериментальной и контрольной групп. Это может говорить о разных приоритетах выбора профессиональной области данных социальных групп подростков, а также о влиянии проведения специально организованных занятий со старшеклассниками.

2. По данным проведения теста-опросника мотивации аффилиации можно сделать вывод о том, что после проведения специально организованной работы у старшеклассников появились некоторые сомнения и неуверенность в правильности своего профессионального выбора. Этот факт мог повлиять на то, что у школьников снизился мотиватор СП (стремление к принятию) и возрос мотиватор СО (страх отвержения).

3. По результатам методики «Диагностика мотивационной структуры личности», выявлено, что после проведения специально организованной работы у старшеклассников заметно возрос показатель С (социальный статус), ОД (социальная полезность) и ДР (творческая активность). Это может говорить о том, что подростки более ясно стали представлять своё место в обществе, стали направлять свою энергию в творческое русло, чтобы в дальнейшем лучше реализовать себя в профессиональном плане. Увеличившиеся показатели ОД и ДР свидетельствуют о повышении «рабочей» направленности личностей подростков.

4. Качественный анализ результатов, полученных по методике А.Е. Голомштока «Карта интересов» показал, что у 28% учащихся экспериментальной группы ведущий интерес не выражен. После проведения специально организованной работы у старшеклассников появились новые профессиональные интересы, подчиненные тем областям профессиональной деятельности, которые будут востребованы в научной деятельности, усилились уже имеющиеся профессиональные интересы.

Таким образом, нами были изучены компоненты ситуации выбора профессии, возрастная динамика профессиональной направленности, профессиональная ориентация и интересы старшеклассников, теория профессиональной ориентации и свойств личности, основные направления специально организованной научной работы. В результате эмпирического исследования выдвинутая нами гипотеза о связи специально

организованной работы со старшеклассниками с их профессиональными интересами и уровнем профессиональной мотивации, была подтверждена и уточнена в следующих положениях:

а) в ходе работы изменяется профессиональный интерес, становясь приближенным к реальной жизни, смещаясь к выбору профессий, востребованных в ближайшем будущем;

б) повышается творческая активность и социальный статус старшеклассников.

Подводя итог, хотелось бы отметить, что данная работа позволила эмпирически расширить круг представлений о практической роли дополнительного научного обучения в профориентационной работе. Результаты нашей работы могут быть использованы в теоретико-практических курсах, в процессе профессионального консультирования и в профориентационной работе.

На наш взгляд, исследование в данной области не просто актуально, а диктуется самой жизнью. К проблеме профессионального самоопределения школьников, тем более в сфере науки, на наш взгляд, следует относиться не просто как к одному из видов психологической работы, а как к серьезной и актуальной проблеме.

Литература

1. *Климов Е.А.* Психология профессионального самоопределения. – М., 1989. – 167 с.
2. *Кон И.С.* Психология старшеклассника // Хрестоматия по возрастной психологии. – М., 1996. – С. 120-140.
3. *Пряжников Н.С.* Профессиональное и личностное самоопределение. – Москва–Воронеж, 1996. – 266 с.
4. *Степанский В.И.* Психологические проблемы выбора профессии. – М., 2001. – 120 с.



Исследование ценностных ориентаций научных сотрудников ИПФ РАН

Зайцев Сергей

9 класс

Научный руководитель Е.В. Рязанова

В данной работе исследованы закономерности ценностных ориентаций личности ученого. Ценностные ориентации ученых, творческих людей были исследованы экспериментально, посредством тестирования методиками Шварца и Леонтьева.

Проблема данного исследования состоит в выяснении динамики ценностных ориентации личности современного ученого.

Цель: исследование структуры системы ценностных ориентаций современного ученого в изменяющемся российском обществе.

Объект: научные сотрудники ИПФ РАН численностью 20 человек.

Предмет: ценностно-смысловая структура личности ученого.

Задачи: анализ теории, проведение эксперимента, помогающего определить ценностные ориентации ученого, анализ результатов, формулировка выводов. Исследование проводилось с помощью следующих методик: опросник ценностных ориентаций Ш. Шварца и опросник смысло-жизненных ориентации (СЖО) Д. Леонтьева.

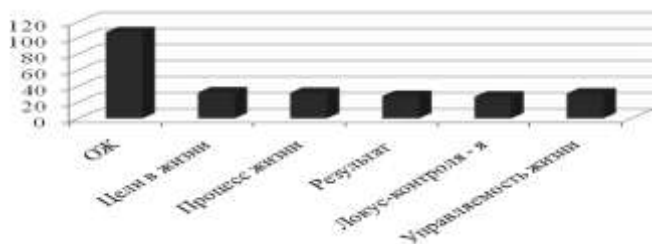
Вопросами изучения ценностных ориентаций занимался Виктор Франкл. Его работы были построены на основе теории стремления к смыслу жизни. За рубежом его исследования продолжали Джеймс Крамбо и Леонард Махолик.

Одним из наиболее распространенных подходов к изучению ценностей и ценностных ориентации является концепция М. Рокича. Рокич стимулировал оживленный интерес к ценностям среди психологов тем, что предложил четкое определение понятия и разработал легкий в использовании инструмент. На концепцию Рокича в последние десятилетия в той или иной мере опираются многие исследователи данной проблемы.

В отечественной психологии ценностные ориентации определяют, как правило, через понятия отношения, отражения, установки (А.Г. Здравомыслов, Д.Н. Узнадзе, В.В. Сусленко, В.А. Ядов). Причем, являясь одним из базовых личностных оснований, ценностные ориентации заключаются внутри более широкого синтетического понятия направленности личности, которая содержит в себе доминирующие ценностные ориентации и установки, проявляющиеся в любой ситуации (Б.Г. Ананьев, Л.Э. Пробст и др.).

Мы предположили, что ценностные ориентации личности, объединяясь в определенные комплексы, оказывают влияние на жизнетворчество личности ученого. В результате исследований по методике Д. Леонтьева были получены следующие результаты (рис. 1).

Рис. 1. Средние баллы по методике Леонтьева



По показателю «цели в жизни» испытуемые также получили высокие результаты. По всей видимости, можно предположить, что испытуемые ощущают наличие жизненных целей в будущем, что придает жизни осмысленность, направленность и временную перспективу.

По показателю «процесс жизни» или интерес и эмоциональная насыщенность наблюдался средний уровень значимости. Содержание этой шкалы говорит о том, что единственный смысл жизни состоит в том, чтобы жить. Творческие люди воспринимают процесс своей жизни как более интересный, эмоционально насыщенный и наполненный смыслом, но смысл жизни видят не только в том, чтобы ее прожить – для ученых важно не просто прожить ее, а прожить ее значимо.

По показателю «результативность жизни» (удовлетворенность самореализацией) у ученых были обнаружены высокие результаты. Это можно интерпретировать как общую удовлетворенность отрезком прожитой жизни, ощущение того, что прожитая часть ее была продуктивна и осмысленна.

Показатель «локус контроля – я» высокий в группе испытуемых. По всей видимости, в исследуемую группу входят люди, имеющие о себе представление как о сильных личностях, обладающих достаточной свободой выбора и намеривающихся строить свою жизнь в соответствии со своими целями и представлениями. Иначе говоря, они думают о себе так: «Я – хозяин своей жизни».

Таким образом, представители научного сообщества имеют высокие показатели по всем шкалам теста СЖО, что может характеризовать их как людей, ощущающих смысл жизни. По имеющимся на сегодняшний день данным, осмысленность жизни не обнаруживает устойчивых связей с полом, возрастом, религиозностью и доходом.

Исследования по методике Ш. Шварца показали, что у испытуемых «Щедрость» «Конформность» «Самостоятельность» имеют высо-

кие приоритеты, а «Достижение», «Универсализм», «Власть», «Традиции» имеют меньшее значение.

В результате проведенного исследования выдвинутая нами гипотеза нашла свое подтверждение: ценностные ориентации личности, объединяясь в определенные комплексы, безусловно, оказывают влияние на жизнестворчество личности ученого. У всех исследуемых нами представителей научной сферы деятельности отмечается приоритет отдельных ценностных ориентаций: «Щедрость», «Самостоятельность», «Конформность» имеют высокую значимость, «Безопасность», «Гедонизм», «Стимуляция» имеют средние показатели, а «Достижение», «Универсализм», «Власть», «Традиции» имеют низкие ранговые значения. Таким образом, ученые стремятся к благополучию, близкому взаимодействию, к заботе о близких, независимости мышления, свободе выбора действий, творчества, что отражает особенности их саморегуляции, несмотря на высокую значимость показателя «Конформность», определяющая мотивационная цель которой – ограничение действий, склонностей, побуждений к действиям, которые могут причинить вред другим и не соответствуют социальным ожиданиям (быть вежливым, самодисциплинированным и т.д.). Испытуемые декларируют невысокую значимость для себя таких ценностей, как «Стимуляция» и «Достижение», вместе с тем в реальном поведении указанные ценности являются для них значимыми, им необходимы разнообразие, глубокие переживания для поддержания оптимального уровня активности, стремление к социальному успеху, личностному росту ценностных ориентаций, регулирующих их поведение и деятельность.

Литература

1. *Алексеева В.Г.* Ценностные ориентации как фактор жизнедеятельности и развития личности // Психол. журн. 2004. – Т. 5. – № 5. – С. 63-70.
2. *Анцыферова Л.И.* Психология формирования и развития личности // Человек в системе наук. — М., 1989. — С. 426-433.
3. *Леонтьев Д.А.* Ценностные представления в индивидуальном и групповом сознании: виды, детерминанты и изменения во времени // Психологическое обозрение. 1998. № 1. – С. 13-25.
4. *Мясищев В.Н.* Структура личности и отношение человека к действительности // Психология личности: Тесты / Под ред. Ю.Б. Гиппенрейтер, А.А. Пузыря. – М.: Изд-во МГУ, 2002. – С. 35-38.
5. *Шафранский К.Д., Суханова Т.Г.* К вопросу о ценностных ориентациях личности // Личность и деятельность. – Л., 2002. – С. 108-115.

Исследование проявлений личностных характеристик взрослых и школьников с помощью проективной методики

Краснова Анастасия

8 класс

Научный руководитель С.В. Шибанкова,
канд. психолог. наук



Работа направлена на выявление особенностей личностных характеристик человека в возрастном аспекте с помощью проективной методики. В теоретической части исследования представлены историография вопроса изучения бессознательного учёными-психологами, классификация бессознательного. Полученные данные сведены в таблицы и проиллюстрированы диаграммами.

Людям молодого поколения, нынешним школьникам, как будущим бизнесменам, политикам, управленцам, деятелям культуры и т.д., важно осознавать особенности собственной психической организации.

Явлений, выходящих за пределы человеческого понимания, в мире не счесть. Люди постоянно прибегают к символической терминологии для обозначения понятий, определение или точное понимание которых им не подвластно. Вот почему все религии используют язык символов как словесного, так и зрительного ряда. Однако подобное сознательное применение символов является лишь одним аспектом психологического феномена большой важности: человек также сам вырабатывает символы – бессознательно и спонтанно – в форме сновидений. А также люди могут выражать свой внутренний мир со всеми его переживаниями как положительного, так и отрицательного характера в символической форме с помощью рисунка.

В психологии накоплено немало данных, раскрывающих особенности психики человека. Ученые доказали, что психические процессы развиваются только в деятельности человека и в ходе его общения с другими людьми. Для того чтобы выявить законы, управляющие психическим развитием человека, необходимо знать, как на него влияет такая составляющая, как бессознательное.

Бессознательное – понятие, обозначающее совокупность психических образований, процессов и механизмов, в функционировании и влиянии которых субъект не отдает себе отчета [2].

Тема бессознательного изучена в психологии и хорошо представлена в работах З. Фрейда, К. Юнга и А. Адлера. Зигмунд Фрейд первым обратил внимание на то, что многие человеческие действия, кажущиеся на первый взгляд случайными, обусловлены глубинными мотивами и комплексами, которые сам человек не осознает. Эти моти-

вы проявляются также в сновидениях, невротических симптомах, продуктах творчества и др. [3]. Юнг писал: «Отдельные обстоятельства не затрагивают нашего сознательного внимания, но неосознанно воспринимаются и остаются с нами, не переходя порога сознания. Мы можем заметить их лишь по наитию или после сосредоточенного обдумывания, когда вспоминаем, что некое событие действительно имело место, но оказалось проигнорированным из-за своей незначительности. Это воспоминание поднялось из глубин подсознания и было зафиксировано запоздалой мыслью, а могло бы принять форму сна» [4].

Из всех известных современной науке исследований бессознательного можно выделить пять классов явлений и механизмов:

1. Неосознаваемые побудители деятельности (мотивы и смысловые установки), которые не воспринимаются из-за их социальной неприемлемости или рассогласования с другими потребностями, мотивами и установками личности (психологическая защита). Влияние такого рода мотивов и установок может приводить к нарушениям адаптации и психического здоровья личности.

2. Неосознаваемые механизмы, обеспечивающие беспрепятственное выполнение привычных поведенческих автоматизмов и стереотипов, применение в соответствующей ситуации имеющихся у субъекта навыков и умений. Лежащие в их основе операции первоначально осознаны, по мере их отработки и автоматизации они перестают осознаваться.

3. Механизмы и процессы подпорогового восприятия объектов. Объекты, воспринимаемые на этом уровне, не даны в виде образа и не осознаются субъектом, однако они оказывают регулирующее влияние на протекание его деятельности.

4. Надсознательные явления (неосознаваемый механизм творческих процессов, результаты которых осознаются как художественные образы, научные открытия, проявление интуиции, вдохновения, творческого озарения и др.)

5. Структуры общественного бессознательного – неосознаваемые языковые, культурные, идеологические и иные схематизмы; мифы и социальные нормы, определяющие мировосприятие людей, принадлежащих к данной культуре.

Неосознаваемый процесс не требует контроля со стороны сознания, что позволяет разгрузить его для выполнения других задач. Вместе с тем, возможность осознания движущих человеком мотивов, внутриличностных конфликтов и структур общественного бессозна-

тельного позволяет человеку подняться на более высокую ступень управления своим поведением [2].

Проективный тест – один из методов психологической диагностики, позволяющий составить наиболее полное представление о психологических особенностях того или иного человека. Проективные тесты отличаются от всех остальных отсутствием жестких рамок, их выполнение подразумевает использование фантазии, воображения, позволяет человеку раскрыть свою индивидуальность, неповторимость своего внутреннего мира.

В нашем исследовании мы используем проективную методику «рисунок ”дерево“», относящуюся к экспрессивным тестам. Для интерпретации данных нами использовалась интерпретации К. Коха [1].

В эксперименте участвовали взрослые ($n=18$) и школьники ($n=18$). В состав взрослой выборки вошли люди в возрасте от 32 до 55 лет среднего социального класса, работающие мужчины и женщины (смешанная группа). В состав выборки школьников вошли 13– 15-летние девушки и юноши (смешанная группа), учащиеся в 8 классе физико-математического лицея № 40. Эксперимент проводился в ноябре – декабре 2008 года.

Мы анализировали только те показатели проявлений личностных характеристик, которые типичны для выборки, а именно:

- продуктивность – способность человека создавать, созидать «продукты», востребованные другими людьми;
- креативность – творческое начало в человеке, способность к продуцированию оригинальных идей;
- адекватная самооценка – способность человека относиться к себе с уважением, чувство собственной значимости, базирующиеся на действительных достижениях;
- неуверенность – представление человека о себе, как о не умеющем, не знающем что-либо, имеющем какие-либо ограничения, по сравнению с окружающими;
- агрессивность – враждебное отношение к другим, проявляющееся в виде грубости в словах и действиях;
- депрессивность – сниженный эмоциональный тонус, апатичность, безынициативность;
- замкнутость – отсутствие способности выстраивать открытые взаимоотношения с людьми вследствие нежелания и неумения;
- инфантильность – проявление детскости в поведении и мыслях человека, реакций, относящихся к предыдущим возрастным периодам.

Выводы по окончании эксперимента:

1. У школьников (n=18) по сравнению с взрослыми (n=18) наблюдается повышенное проявление таких отрицательных характеристик, как агрессивность (на 33%), депрессивность (на 17%), замкнутость (на 11%) и инфантильность (на 23%).

Характеристика	Школьники	Взрослые
Продуктивность	16%	39%
Креативность	33%	16%
Адекватная самооценка	73%	56%
Неуверенность	33%	22%
Агрессивность	39%	6%
Депрессия	45%	28%
Замкнутость	50%	39%
Инфантильность	56%	33%

2. Также у школьников по сравнению с взрослыми наблюдается повышенное проявление положительных характеристик: креативность (на 17%) и адекватность самооценки (на 17%).
3. Школьники более уверены в себе (отличие в 11%).
4. Продуктивность взрослых выше, чем у детей (на 23%).

Взрослые же, по сравнению со школьниками, отличаются большей продуктивностью наряду с пониженными агрессивностью, депрессивностью, замкнутостью и инфантильностью. Однако показатели адекватности самооценки и креативности у них также снижены.

Экспериментальная часть нашей работа подтвердила выдвинутую гипотезу, так как особенности психики человека действительно можно наблюдать по результатам его бессознательных проявлений, а именно, проективным рисункам. Кроме того, эти проявления специфичны для различных возрастных категорий, что наглядно представлено в диаграмме по итогам эксперимента.

Цель работы в основном достигнута: мы выявили особенности проявлений личностных характеристик человека в возрастном аспекте с помощью проективной методики. Мы планируем продолжить изучение не только теоретических аспектов проблемы, но и развить практическую базу. На наш взгляд, данное исследование должно иметь своё продолжение: увеличение объёма выборки, накопление экспериментальных данных с целью уточнения результатов. Тогда, возможно, мы смогли бы не просто получить различия, но и выявить определенные закономерности их проявлений.

Литература

1. Практическая психодиагностика. Методики и тесты. / Редактор-составитель Д. Я. Райгородский. – Самара, 1998.
2. Психологический словарь / Под ред. В. П. Зинченко. – М., 1996.
3. Соколова Е.Е. Тринадцать диалогов о психологии. – М., 1997.
4. Юнг К.Г. Человек и его символы. – М., 1976.

Изучение типов темперамента у научных сотрудников

Сорокин Василий

7 класс

Научный руководитель Е.В. Рязанова



Исследованы особенности индивидуально-психологических характеристик личности ученого. Индивидуально-личностные особенности, в частности темперамент ученых, были исследованы экспериментально, посредством тестирования методиками Г.Ю. Айзенка и В.М. Русалова. В результате была подтверждена гипотеза, что существует взаимосвязь между типом темперамента у научных сотрудников и степенью выраженности отдельных личностных свойств.

К индивидуально-психологическим характеристикам личности относятся: темперамент, характер, направленность и способности. В нашей работе мы попытаемся изучить особенности темперамента личности ученого. Темпераментом называют совокупность свойств, характеризующих динамические особенности протекания психических процессов и поведения человека, их силу, скорость, возникновение, прекращение и изменение. Существует четыре вида темперамента: сангвинический, меланхолический, холерический и флегматический.

Отличительной чертой темперамента является его устойчивость. Это значит, что темперамент мало подвержен изменениям как в течение жизни, так и в кратких жизненных ситуациях.

Вторая половина XX – начало XXI вв. отмечены подъемом интереса к изучению психологии личности ученого. Проблема личности была и остается одним из наиболее интересных и дискуссионных разделов психологии. Именно в этой области существует самое большое количество теорий и подходов, по-своему объясняющих структуру, динамику и природу личности. Многообразие концепций личности, а также противоречия во взглядах на нее находят свое отражение и в исследованиях личности ученого. Многие психологи подчеркивают значимость для ученого таких качеств, как целеустремленность и настойчивость; энергичность и трудолюбие; потребность в достижении; честность и терпение; вера в свои силы, смелость, независимость, открытость к восприятию впечатлений.

Целью нашего исследования являлось изучение индивидуально-психологических характеристик личности научных работников.

В качестве гипотезы мы предположили, что существует взаимосвязь между типом темперамента у научных сотрудников и степенью

выраженности предметной и социальной эргичности, предметной и социальной пластичности, предметного и социального темпа, предметной и социальной эмоциональности, контроля.

Объектом исследования были работники научной деятельности.

Предмет исследования: ИЛЮ и, в частности, свойства темперамента, работников научной деятельности.

Мы использовали следующие методы исследования:

- 1) сбора данных – тестирование;
- 2) обработка данных:

а) тест диагностики темперамента Г.Ю. Айзенка. Указанная методика позволяет выявить тип темперамента, исходя из данных об уровне психотизма, нейротизма и экстраверсии-интроверсии.

б) опросник структуры темперамента В.М. Русалова. Данный опросник предназначен для диагностики свойств темперамента, проявляющихся в предметной и социальной жизнедеятельности человека.

В результате проведенного исследования были получены следующие результаты.

Таблица 1. Интровертивные, экстравертивные качества, нейротизм и эмоциональная устойчивость в личности испытуемых (по результатам методики Г.Ю. Айзенка)

Параметры	%
экстраверсия	50
интроверсия	50
нейротизм	60
эмоциональная устойчивость	40

Шкала «экстраверсия — интроверсия». Характеризуя *типичного экстраверта*, автор методики Г.Ю. Айзенк отмечает его общительность и обращенность индивида вовне, широкий круг знакомств, необходимость в контактах. На него не всегда можно положиться. Такое поведение демонстрируют 50 % обследованных.

Типичный интроверт – это спокойный, застенчивый человек, склонный к самоанализу, сдержан и отдален от всех, кроме близких друзей. Данное поведение диагностировано у 50 % обследованных.

Шкала «нейротизм – эмоциональная устойчивость» характеризует эмоциональную устойчивость или неустойчивость (эмоциональная стабильность или нестабильность). *Эмоциональная устойчивость* – черта, выражающая сохранение организованного поведения, ситуа-

тивной целенаправленности в обычных и стрессовых ситуациях. Характеризуется зрелостью, отличной адаптацией. Эмоциональная

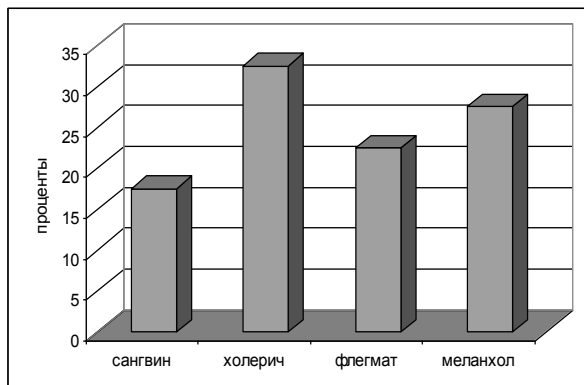


Рис. 1. Тип темперамента ученых
(по результатам методики Г.Ю. Айзенка, %)

устойчивость выявлена у 40 % обследованных.

Нейротизм выражается в чрезвычайной нервности неустойчивости, плохой адаптации, склонности к быстрой смене настроений (лабильности), чувстве виновности и беспокойства, озабоченности, депрессивных реакциях, неустойчивости в стрессовых ситуациях. Нейротические черты обнаружили 60% участников исследования.

На следующем этапе по методике В.М. Русалова нами была выявлена взаимосвязь между типом темперамента ученого и свойствами высшей нервной деятельности (рис. 2).

В результате проведенного анализа были получены следующие результаты:

- у большинства ученых тип темперамента – холерический;
- у ученых с разным типом темперамента в разной степени выражены такие свойства, как предметная эргичность; социальная эргичность; пластичность; социальная пластичность; темп; социальный темп; эмоциональность; социальная эмоциональность; контроль;
- у ученых сангвинического темперамента хорошо выявлены социальная эргичность и пластичность;
- у ученых холерического темперамента хорошо выявлена социальная эргичность;
- у ученых меланхолического и флегматического темперамента хо-

рошо выявлен контроль.

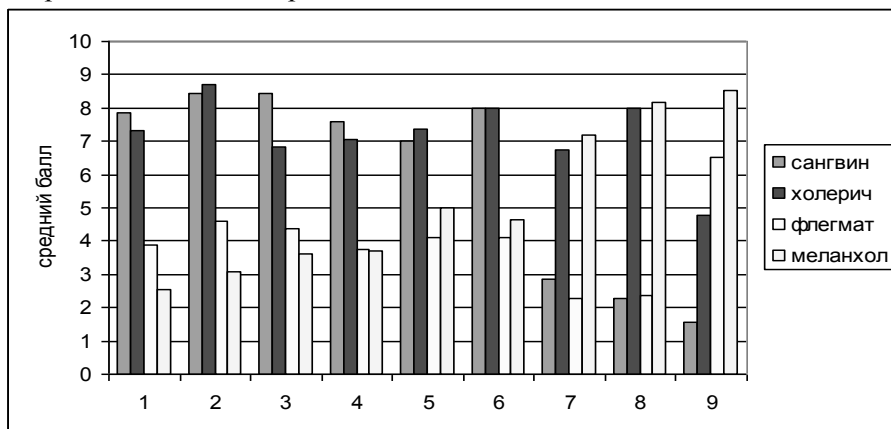


Рис. 2. Особенности свойств темперамента у ученых с разным типом темперамента (по результатам методики В.М. Русалова; средние значения): 1 – предметная эргичность; 2 – социальная эргичность; 3 – пластичность; 4 – социальная пластичность; 5 – темп; 6 – социальный темп; 7 – эмоциональность; 8 – социальная эмоциональность; 9 – контроль.

Полученные данные свидетельствуют о существовании положительной связи между холерическим типом темперамента у ученых и такими параметрами, как предметная и социальная эргичность, предметная и социальная пластичность, предметный и социальный темп. Кроме того, доказано, что существует отрицательная связь между меланхолическим типом темперамента у ученых и предметной и социальной эргичностью.

Литература

1. Белоус В.В. Проблема типа темперамента в современной дифференциальной психофизиологии // Психологический журнал. –1981. – Т. 2. – № 1. – С. 45–55.
2. Мерлин В.С. Психология индивидуальности. – Москва–Воронеж: МОДЭК, 1996. – 448 с.
3. Русалов В.М. О природе темперамента и его месте в структуре индивидуальных свойств человека // Вопросы психологии. 1985. – № 1. – С. 19–32.
4. Стрелю Я. Роль темперамента в психическом развитии / Под общей ред. И.В. Роевич. – М.: Прогресс, 1982. – 280 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
-------------------	---

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО МЕТОДА ОБУЧЕНИЯ

<i>Ермилин А.И., Ермилина Е.В.</i> История развития исследовательского метода обучения	9
--	---

ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ШКОЛЬНИКОВ

<i>Беленов А.Ф.</i> Исследования на уроках астрономии	51
<i>Пархоменко Т.Л.</i> Развитие познавательной активности учащихся в ходе реализации программы «Наблюдательная астрономия»	55
<i>Савкин П.М.</i> Об особенностях экспериментальных исследований учащихся в рамках темы «Электрические токи в средах»	60

ФИЗИКА

<i>Бумблите Мария.</i> Экспериментальное исследование колебаний крутильного маятника.....	65
<i>Глявина Мария.</i> Исследование тлеющего разряда	69
<i>Громов Дмитрий.</i> Задача об остывании чашки кофе	74
<i>Калынова Елизавета.</i> Жидкие линзы	77
<i>Коновалов Даниил.</i> Опыты с неоновой лампочкой.....	81
<i>Кузиков Тимофей.</i> Полёт струи жидкости.....	86
<i>Кутлин Антон.</i> Генератор электрических колебаний ультразвуковой частоты	90
<i>Лебедев Всеволод.</i> Парадоксальные траектории движения математического маятника	96
<i>Преображенский Глеб.</i> Вольтметр электромагнитной системы.....	99
<i>Раксин Александр.</i> Моделирование Вольтова столба и униполярного индуктора Фарадея.....	102
<i>Рябинин Иван.</i> Исследование явления полного внутреннего отражения.....	108
<i>Савинов Арсений.</i> Дополнительный интерферометр для системы оптической когерентной томографии на базе интерферометра Физо	112
<i>Садова Дарья.</i> Исследование колебаний пружинного маятника	117
<i>Селезнёв Алексей.</i> Измерение в стеклах оптических искажений, вызванных изменениями температуры	121
<i>Сидоров Дмитрий.</i> Исследование уровней электромагнитного излучения гарнитуры Bluetooth и базовых станций	126
<i>Сироткин Дмитрий.</i> Изучение явления капельной радуги.....	132

<i>Спивак Алексей</i> . Исследование явления сверхудара	139
<i>Сучкоусов Андрей</i> . Опыт Джоуля.....	144
<i>Фомин Всеволод</i> . Поглощение света	149
<i>Шайкина Анастасия</i> . Моделирование гало.....	152
<i>Шалаева Полина</i> . Особенности распространения непрерывного и импульсного лазерного излучения в призме	157
<i>Шампоров Василий</i> . Исследование уровней электромагнитного излучения мобильного телефона и изучение мер защиты от него	165

АСТРОНОМИЯ

<i>Дементьев Сергей</i> . Движение метеороидных тел в атмосфере Земли	173
<i>Кубасова Ольга</i> . Влияние диска спиральной галактики на динамику движения шаровых звёздных скоплений	175
<i>Морозова Ксения</i> . Частота столкновения галактик во Вселенной.....	178
<i>Пархоменко Любовь</i> . Солнечное затмение 2008 года	181

ХИМИЯ

<i>Бояркин Михаил</i> . Применение тонкослойной хроматографии для идентификации овощных соков	187
<i>Муратова Майя</i> . Определение аскорбиновой кислоты (витамина С) в овощах и фруктах	192

МАТЕМАТИКА

<i>Столярова Анастасия</i> . Степенные ряды	197
---	-----

ИСТОРИЯ НАУКИ

<i>Холин Егор</i> . Возникновение науки как общественного института	205
---	-----

ПСИХОЛОГИЯ НАУЧНОГО ТВОРЧЕСТВА

<i>Ахмеджанов Дмитрий</i> . Исследование мотивации к достижениям как условия жизненного успеха	213
<i>Евдеев Борис</i> . Исследование выбора профессии старшеклассниками в традиционном и инновационном обучении	217
<i>Зайцев Сергей</i> . Исследование ценностных ориентаций научных сотрудников ИПФ РАН	220
<i>Краснова Анастасия</i> . Исследование проявлений личностных характеристик взрослых и школьников с помощью проективной методики	223
<i>Сорокин Василий</i> . Изучение типов темперамента у научных сотрудников	227

Вопросы для размышления

1. Что такое наука и как к ней относиться?
2. Как соотносятся наука и нравственность?
3. Какая область науки, на ваш взгляд, в ближайшем будущем будет быстрее всего развиваться?
4. Чем интересна область «на стыке» наук?
5. Что такое эффективность науки?
6. Немецкий писатель и философ XIX века Фридрих Вильгельм Ницше писал: «Где дерево познания, там всегда рай», – так вещают и старейшие и новейшие змеи». Польский поэт и писатель XX века Станислав Ежи Лец предостерегал: «Бойтесь тех ботаников, которые утверждают, что древо познания родит корни зла». Как вы понимаете эти высказывания писателей? С какой точкой зрения вы можете согласиться? Аргументируйте свой ответ.
7. Британский физик, лауреат Нобелевской премии по химии 1908 года, Эрнест Резерфорд (1871 – 1937) создал оригинальный способ отбора кадров для научной лаборатории. Каждому новому молодому исследователю он, как и положено руководителю, давал задание. Если выполнив его, сотрудник приходил вновь и спрашивал, что ему дальше делать, то его увольняли. Это позволило Э. Резерфорду создать высокопрофессиональную исследовательскую команду. Чего требовал ученый от научных сотрудников? Какие качества отличают исследователя от других людей?

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
НАУЧНОЕ РУКОВОДСТВО КАК ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
<i>Ермилин А.И., Ермилина Е.В.</i> Тьюторство как новая педагогическая позиция в дополнительном научном образовании школьников	11
ФИЗИКА	
<i>Гежес Петр.</i> Изготовление зонной пластинки Френеля и исследование ее свойств	26
<i>Горчаков Михаил.</i> Диагностика режимов генерации фемтосекундного лазера	32
<i>Демидов Даниил.</i> Разработка оптоакустического генератора ультразвуковых импульсов	36
<i>Ермилин Елисей.</i> Исследование процесса формирования резонансных конусов в слабоионизированной магнитоактивной плазме	40
<i>Ермолаев Артем.</i> Повышение информативности изображений бумаги, полученных методом оптической когерентной томографии	46
<i>Михайлова Ирина.</i> Поведение воды при криогенных температурах. Эффект заостренного купола	50
<i>Надршина Яна.</i> Расчет индуктивности внутреннего контура в системе двух коаксиальных катушек	55
<i>Николенко Андрей.</i> Исследование эффективного размера молекулы O_2	59
<i>Паришина Наталья.</i> Улучшение точности измерения постоянной Планка в школьном демонстрационном эксперименте	65
<i>Прокопенко Марина.</i> Определение изменения энтропии при плавлении	69
<i>Самсонов Александр.</i> Изучение теплозащитных свойств зимней обуви, так ли хорош русский валенок?	72
<i>Силин Денис.</i> Исследование влияния давления света на диэлектрические частицы, оптическая ловушка	77
<i>Слиняков Юрий.</i> Создание полупроводникового перестраиваемого лазера с заданной длиной когерентности	81
<i>Сухов Илья.</i> Определение периода колебания воды в манометре	85
<i>Филимонов Александр.</i> Зависимость величины эффекта Фарадея от длины волны излучения в некоторых магнитооптических средах	88
<i>Хазанов Григорий.</i> Применение лазерно-оптической анемометрии для исследования течений в волнах на поверхности воды	94
<i>Чижевская Яна.</i> Оптические элементы, позволяющие управлять поляризацией	99

ХИМИЯ

<i>Богатова Софья.</i> Синтез и исследование химической устойчивости гидроксиапатита состава $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	106
<i>Гуцин Тимофей.</i> Изучение физико-механических свойств пластизолов	112
<i>Демидов Даниил.</i> Исследование диаграммы состояния $\text{Bi}_2\text{Mo}_2\text{O}_9 - \text{Bi}_2\text{W}_2\text{O}_9$	116
<i>Пименов Владимир.</i> Рентгенофлуоресцентное определение селена в растворах, продуктах и пищевых добавках	119

БИОФИЗИКА

<i>Коган Анна.</i> Исследование динамики биомассы <i>Eichornia crassipes</i> и биогенных элементов в накопительной культуре	124
<i>Кочаровская Милита.</i> Влияние сложности текста на параметры движений глаз при работе с текстами	128
<i>Кравченко Екатерина.</i> Специфические параметры цветового зрения у воспитанников художественной школы	134
<i>Кудряшов Андрей.</i> Влияние локализации источника звука на параметры движения глаз с помощью айтрекинга	138
<i>Шестакова Лидия.</i> Исследование фотобиологических свойств потенциального препарата для фотодинамической терапии онкологических заболеваний	144

НАУКА КАК ПРИЗВАНИЕ И ПРОФЕССИЯ

<i>Гапонов-Грехов А.В.</i> Давайте думать (пресс-конференция с участниками летних исследовательских смен – июль 2013 года, ДООЛ им. Н.С. Талашкина ИПФ РАН)	151
---	-----

ЛЕКЦИИ НИЖЕГОРОДСКИХ УЧЕНЫХ

<i>Вдовин В.Ф., Кортаев Д.В., Сидоров Д.С., Шампоров В.А.</i> Тепловой эффект излучения мобильных телефонов	159
Вопросы для размышления	169