

С. В. Гусев, А. Э. Плетнёв, А. Г. Сугакевич

НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ЮНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Минск
«Белорусская ассоциация «Конкурс»
2015

УДК
ББК
Г__

Книга издана за счёт взносов участников конкурсов
Распространяется бесплатно

Гусев, С. В.
П99 Настольная книга юного исследователя / С. В. Гусев, А.
Э. Плетнёв, А. Г. Сугакевич. – Минск : Белорус. ассоц. «Кон-
курс», 2015. – __ с. : ил.

ISBN 978-985-557-__-__.

Данная книга адресована учащимся и руководителям исследовательских работ учащихся в области физике, астрономии, химии и других естественных наук. В ней описан процесс проведения ученических исследований: от определе- ния области предполагаемого исследования до представления и защиты работ. А также приведены примеры конкретных исследовательских работ, которые были отмечены дипломами авторитетных международных конференций и конкурсов учащихся.

УДК
ББК

Учебное издание

Гусев С В
Плетнёв Александр Эдуардович
Сугакевич Александр Георгиевич

НАСТОЛЬНАЯ КНИГА ЮНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Ответственный за выпуск *Г. В. Нехай*
Редактор *М. Л. Рудковская*
Технический редактор *В. Н. Кравцова*
Дизайн обложки *В. И. Рынкевич*
Компьютерная верстка *М. Л. Рудковская*
Корректор *А. С. Коляго*

Подписано в печать __. __. 2015. Формат 60х84/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. __, __. Уч.-изд. л. __, __. Тираж __ 000 экз. Заказ _____.

Общественное объединение «Белорусская ассоциация «Конкурс».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/288 от 14.04.2014.
Ул. Беды, 24–100А, 220040, г. Минск.

Республиканское унитарное предприятие «Издательство «Белорусский Дом печати».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/102 от 01.04.2014.
Пр-т Независимости, 79, 220013, г. Минск.

ISBN 978-985-557-__-__

© Гусев С. В., Плетнёв А. Э., Сугаке-
вич А. Г., 2015
© Оформление. ОО «БА «Конкурс», 2015

ОТ АВТОРОВ

*Если ученик в школе не научился сам
ничего творить, то и в жизни он всегда
будет только подражать, копировать...*

Л. Н. Толстой

Вы наверняка знаете, что очень важно хорошо учиться в школе, успешно сдать централизованное тестирование и поступить в пре- стижный ВУЗ. Но школьных знаний не всегда достаточно для реше- ния тех проблем, которые ставит перед нами жизнь.

Дело в том, что в школе мы решаем «правильные» задачи, заранее зная, что они имеют решения, и даже можем подсмотреть ответ. А проблемы, которые подбрасывает нам судьба, часто не имеют заранее известных решений.

Например, вероятно сейчас вас волнует, как уговорить родителей купить новый IPhon или скутер, или хотя бы роликовые коньки для летних прогулок. Когда вы повзрослеете, вас будут волновать другие вопросы. Например, в какую школу отправить любимое дитя или как сделать быстро и недорого хороший ремонт в квартире.

Согласитесь, что такие задачи в школе не решают, хотя они отно- сятся и к математике, и к обществоведению, и к физике, и к трудово- му обучению.

Каждый человек решает эти проблемы по-своему, ведь каждая задача – это целое исследование! Здесь нет совсем неправильных ре- шений. Но некоторые люди такие задачи решают лучше, чем другие. Они-то и становятся успешными!

*Кстати, уточните у родителей, какую проблему или задачу
они сейчас решают. Может, им пригодится и ваша помощь?*

Как видите, очень важно научиться решать «неправильные» задачи, то есть задачи, в которых нет полного условия, и алгоритм их решения вы не проходили. Такие проблемные задания иногда называют **исследовательскими**. Значит – надо уметь исследовать!

В этой книге вы найдете ответы на вопросы, которые возникают у юных исследователей: «Что такое исследование?», «Как выбрать тему исследования?», «Как исследовать?», «Как представить и защитить свое исследование?».

Вы познакомитесь с примерами конкретных исследовательских работ учащихся лицея Белорусско-Российского университета, которые в последние годы были отмечены дипломами таких авторитетных форумов, как международный конкурс научно-исследовательских работ старшеклассников «Ученые будущего» (г. Москва), международная научная конференция учащихся «Сахаровские чтения» (г. Санкт-Петербург), юношеские чтения В. И. Вернадского (г. Москва), Балтийский научно-инженерный конкурс (г. Санкт-Петербург) и др.

Книга в первую очередь адресована учащимся и руководителям исследовательских работ учащихся по физике. Но поскольку основные этапы и методы исследовательской деятельности, а также способы представления выполненных работ носят универсальный характер, книга может быть полезной и для учащихся, занимающихся исследованиями в области астрономии, биологии, химии и других естественных наук.

Если вам будут не очень понятны некоторые законы и формулы, не расстраивайтесь, достаточно понять общую суть исследования.

В работе над книгой авторам пригодились советы и рекомендации известных белорусских педагогов: О. А. Званцовой, Н. Г. Тищенко, Е. В. Шкулепы, Э. Н. Якубовской и К. А. Петрова. Выражаем вам, коллеги, нашу искреннюю благодарность и признательность.

Отдельное спасибо профессору кафедры педагогики и философии образования Николаю Ивановичу Запрудскому за создание творческого климата, идейное вдохновение и моральную поддержку авторов.

Спасибо и вам, дорогие читатели, за то, что вы решились прочесть эту книгу.

ОБ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ



Все с детства знают, что то-то и то-то невозможно. Но всегда находится невежда, который этого не знает. Он-то и делает открытие.

Альберт Эйнштейн

Под исследовательской деятельностью учащихся понимается решение творческих, исследовательских задач, проблемных ситуаций с заранее неизвестным или почти неизвестным для исследователя результатом.

В отличие от научного исследования, которое представляет собой процесс выработки новых научных знаний, исследовательская деятельность учащихся подразумевает ознакомление учащихся с методами выполнения исследовательских работ, сбора, обработки и анализа полученного материала, а также направлена на выработку умения обобщать данные и формулировать результат.

Можно выделить несколько типов исследовательских работ учащихся:

Реферативные – работы, написанные на основе нескольких литературных источников, предполагающие сопоставление и анализ данных из этих источников. Такие работы заканчиваются собственным заключением по теме исследования.

Натуралистические – работы, основанные на наблюдении, качественном и, при необходимости, количественном описании какого-либо явления.

Экспериментальные – работы, выполненные на основе ряда экспериментов. Обычно предполагают создание соответствующей экспериментальной установки и разработку методики проведения эксперимента, включая анализ полученных результатов и оценку их достоверности. К такому типу исследовательских работ можно также отнести создание и испытание действующих моделей различных устройств.

Теоретические – работы, предполагающие создание математической модели исследуемого явления или процесса, получение теоретических результатов и их соотнесение с уже известными научными данными.

Комплексные исследования – работы, предполагающие как создание математической модели исследуемого явления, или процесса, так и экспериментальную проверку теоретических результатов.

Результатом исследовательских работ учащихся могут быть обнаруженная закономерность, прототип промышленного изделия, прибор, компьютерная модель или программа и т.д.

ГЛАВА 1.

Выбор темы исследования

Исследование начинается тогда, когда обнаруживается нечто удивительное и неожиданное. Возможно, даже там, где раньше ученику казалось, что все просто и понятно. Толчком к исследованию может послужить вопрос учителя на уроке или факультативном занятии, прочитанная книга, просмотренная телепередача, экскурсия, посещенная выставка, конкурс или конференция и т.п.

Одним из важнейших этапов учебного исследования является выбор его темы. Важно, чтобы тема исследования была интересна вам как исследователю и близка вашему научному руководителю.

При формулировке темы не стоит стремиться «объять необъятное». В названии работы лучше обратить внимание на более узкие и конкретные проблемы. Например, тема «Исследование влияния различных факторов на рост кристаллов медного купороса» является более узкой, чем тема «Изучение кристаллов». Кроме того в первой формулировке ясна суть самого исследования.

В качестве научного руководителя своей исследовательской работы вы можете выбрать школьного учителя, руководителя кружка или преподавателя ВУЗа.

В квадратных скобках в этой книге, как и в исследовательских работах, указывается ссылка на источник информации, который вы можете найти в списке литературы в конце работы.

Хорошим подспорьем в выборе темы исследования для вас могут послужить архивы популярных конкурсов исследовательских работ, интеллектуальных турниров, интернет-проектов:

- конкурс им. В. И. Вернадского [2];
- научно-практическая конференция «Первые шаги в науку» [6];

- российская научная конференция школьников «Открытие» [8];
- фестиваль исследовательских и творческих работ учащихся «Портфолио ученика» [11].

Вполне возможно, что предложенную вами тему исследования вместе с научным руководителем придется откорректировать. Это может быть связано с особенностями самого исследования, наличием соответствующего оборудования и т.д.

Ниже мы приводим полное содержание исследовательской работы, которая может послужить примером того, как может зародиться и быть реализована тема ученического исследования.

История ученического исследования

На одном из уроков физики в 10 классе по теме «Строение и свойства твердых тел» учителем были показаны фотографии различных кристаллов и видеофрагмент роста кристалла. Во время обсуждения фильма кто-то вспомнил, что еще в начальной школе на уроках труда они выращивали кристаллики соли и сахара на веточках, создавая иллюзию инея и снега. В ходе беседы у детей возник вопрос:

— А можно ли вырастить красивый кристалл в домашних условиях?

— Конечно! — ответил учитель.

— А как?

— Не знаю! Но на зачете выращенный вами кристалл оценивается в «+2 балла». Уделите особое внимание соблюдению техники безопасности.

Через две недели, когда зачет уже был не за горами, в лаборантской кабинета физики стали появляться коробочки и баночки с кристаллами разного состава, цвета и размера. Многие решили повысить свою отметку на зачете именно таким образом. Самые большие и красивые кристаллы получились у Букато Кирилла и Овчинникова Влада. На зачете ребята изъявили желание сделать с кристаллами что-нибудь еще.

Вскоре состоялась беседа с научными руководителями, во время которой обсуждалась тема исследования, план работы и литература по теме исследования. В течение месяца после уроков ребята «колдовали» в дальнем углу лаборантской, не подпуская никого к результатам своего труда. И только когда, по их мнению, все было готово, они вновь обратились к научным руководителям.

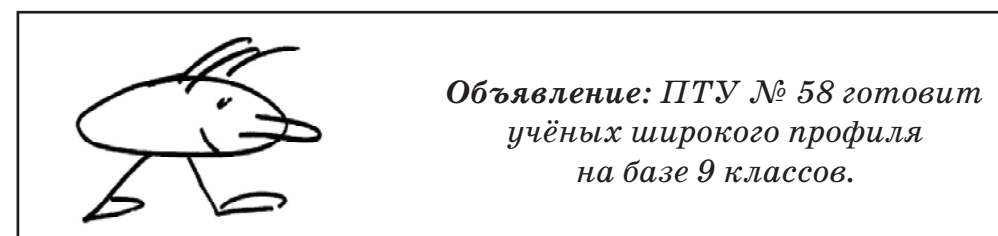
Учащимися было проведено огромное самостоятельное исследование, в котором было допущено немало ошибок, но за следующий месяц уже совместно с научными руководителями исследование удалось завершить.

Впоследствии работа Букато Кирилла и Овчинникова Владислава была отмечена жюри нескольких конкурсов:

— дипломы городского и областного конкурсов исследовательских работ учащихся;

— диплом I степени и Золотые медали Российской научной конференции школьников «Открытие» (г. Ярославль, 2010 г.);

— диплом участника XIII юношеских чтений В. И. Вернадского (г. Москва, 2011), грамоты в номинациях «За лучший стенд», «Самая кристально чистая работа».



Исследование влияния различных факторов на рост кристаллов медного купороса

Авторы: учащиеся 10 класса лицея ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» Букато Кирилл Сергеевич, Овчинников Владислав Вячеславович

Научные руководители: учителя физики лицея ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» Плетнев Александр Эдуардович, Гусев Сергей Викторович

ВВЕДЕНИЕ

С древнейших времен кристаллы поражали человеческое воображение своим исключительным геометрическим совершенством. Наши предки видели в них творение ангелов или подземных духов. Сейчас трудно представить себе жизнь без кристаллов, потому что они стали не просто украшениями. В наше время большинство электрических приборов сделано с использованием кристаллов различных веществ и трудно себе представить жизнь без них.

Мы решили исследовать форму кристаллов и процесс их роста, но поскольку вырастить кристаллы алмаза и других веществ в школьной лаборатории физики проблемно, мы решили исследовать рост кристаллов на примере кристаллов медного купороса (CuSO_4).

Тема нашей работы «Исследование влияния различных факторов на рост кристаллов медного купороса».

Объект исследования — кристаллы медного купороса.

Предмет исследования – процесс роста кристаллов медного купороса в различных условиях.

Гипотеза: «Форма кристаллов медного купороса зависит от внешних условий роста. Правильность формы кристаллов напрямую зависит от чистоты и качества маточного раствора. Форма полученных кристаллов не зависит от формы кристалла-затравки».

Цель работы: Исследовать процесс роста кристаллов медного купороса (CuSO_4) при различных внешних условиях.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи**:

1. Изучить теорию вопроса.
2. Вырастить поликристалл при нормальных условиях.
3. Вырастить монокристалл при нормальных условиях.
4. Вырастить монокристалл в магнитном поле.
5. Вырастить монокристалл в акустическом поле (200 Гц).
6. Вырастить монокристалл в акустическом поле (18 кГц).
7. Проанализировать результаты экспериментов.

Методы исследования: наблюдение, анализ.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Кристаллы – твёрдые тела, в которых атомы расположены закономерно, образуя трёхмерно-периодическую пространственную укладку – кристаллическую решётку.[4].

Кристаллическая структура – такая совокупность атомов, в которой с каждой точкой кристаллической решетки связана определенная группа атомов, причем все такие группы одинаковые по составу, строению и ориентации относительно решетки [5].

Кристаллическая решётка – вспомогательный геометрический образ, вводимый для анализа строения кристалла. Решетка имеет сходство с канвой или сеткой, что дает основание называть точки решетки узлами. Решетка – такая совокупность точек, которая возникает из отдельной произвольно выбранной точки кристалла под действием группы атомов. Это расположение замечательно тем, что относительно каждой точки все остальные расположены совершенно одинаково.

Чтобы вырастить кристалл, полезно знать, какие процессы управляют его ростом; почему разные вещества дают кристаллы различной формы, а некоторые вообще не образуют кристаллов; что надо сделать, чтобы кристаллы получились большими и красивыми.

Если кристаллизация идёт очень медленно, получается один большой кристалл, если быстро – множество мелких кристаллов.

Вещества, состоящие из одного кристалла, называют монокристаллическими, а из множества мелких – поликристаллическими.

Кристаллы одного и того же вещества могут иметь весьма разнообразную форму. Форма кристалла зависит от условий кристаллизации. Цвет также не является характерным признаком кристаллов данного вещества, так как он очень сильно зависит от примесей. Известно, например, что кристаллы плавикового шпата

могут быть бесцветными, розовыми, чёрными, фиолетовыми, тёмно-вишнёвыми и золотистыми. Казалось бы, что установление принадлежности двух кристаллов, отличающихся друг от друга и формой и цветом, одному веществу нельзя произвести иначе, как определив их химический состав. Однако кристаллографы установили, на первый взгляд, поразительный факт: в кристаллах одного вещества углы между соответственными гранями всегда одинаковы (закон постоянства углов).

Закон постоянства углов утверждает, что двугранный угол, образованный гранями a и b (рис. 1) в различных кристаллах данного вещества, будет один и тот же. Соответственно во всех кристаллах данного вещества будут равны между собой и двугранные углы, образованные гранями a и c , b и c .

Итак, не форма кристаллов, не размер граней, а угол между ними является определенной величиной для каждого кристалла [6].

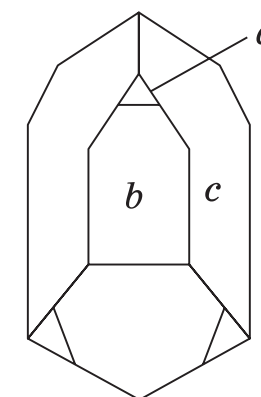


Рис. 1. Пример расположения граней в кристалле

2. ВЫРАЩИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ МЕДНОГО КУПОРОСА

Самое важное условие для выращивания кристаллов правильной формы – использование только свежеприготовленных растворов, так как в процессе хранения в растворах у многих веществ накапливающиеся определённого состава комплексы (например, аквакомплексы) меняют структуру кристалла (такие кристаллы могут начать быстрее выветриваться) [2].

Для приготовления маточного раствора требуется чистая хорошо вымытая химическая посуда. Мы использовали химический стакан объемом 500 мл.

В него засыпается 300 г медного купороса и при постоянном перемешивании стеклянной палочкой добавляется кипяченая вода при температуре 90-100°C, до получения общего объема раствора 500 мл. Из-за того, что количество медного купороса значительно превышает то количество, которое может раствориться в данном количестве воды при данной температуре, раствор получается перенасыщенный. Для дальнейшего роста кристаллов раствор необходимо охладить.

Для получения кристалла-«затравки» в качестве центра кристаллизации использовалась пуговица (рис. 2). [1]



Рис. 2. Получение кристалла-«затравки»

2.1. Выращивание поликристалла (условия роста нормальные)

Условия роста: температура 22°C, поля и излучения отсутствуют.

День 1. Установка оборудования, закрепление кристалла на нити, погружение в нефiltroванный раствор (рис. 3).

День 2. Мы наблюдаем множество монокристаллов на нити и «затравке», образующие поликристалл (рис. 4). Причина появления множества кристаллов – нефiltroванный и недостаточно охлажденный маточный раствор, взвешенные частички в котором образуют множество центров кристаллизации. В этот же день была произведена замена раствора на предварительно отстоянный раствор

двукратной фильтрации (фильтрат). Это необходимо для предотвращения появления новых кристаллов на гранях уже существующих, т. к. нам необходим рост уже существующих кристаллов без появления новых.

День 3-4. Мы наблюдаем значительное увеличение размеров поликристалла. Замена раствора не производилась.

День 5. Извлечение кристалла из раствора, покрытие его поверхности прозрачным лаком, для предотвращения выветривания.

Вывод на основании эксперимента: Для выращивания монокристаллов правильной формы необходима тщательная многократная фильтрация маточного раствора, а также предварительное охлаждение его до комнатной температуры во избежание резкого перепада температуры раствора. При введении в раствор центра кристаллизации в процессе резкого охлаждения из-за образования большого количества центров кристаллизации образуется множество кристаллов, хаотически расположенных друг относительно друга, образующих поликристалл.

2.2. Выращивание монокристалла (условия роста нормальные)

Условия роста: температура 22°C, поля и излучения отсутствуют.

День 1. Установка оборудования, закрепление кристалла на нити, погружение затравки в раствор.

День 2. Замена раствора с последующим удалением побочных кристаллов с нити и граней основного кристалла.

День 3. Повторная замена раствора и удаление побочных кристаллов.

День 4. Наблюдается значительное увеличение размеров кристалла.

День 5. Удаление побочных кристаллов и замена раствора.

Вывод на основании эксперимента: монокристалл можно вырастить только в тщательно профильтрованном растворе, периодически удаляя вновь образующиеся кристаллы с граней основного.

2.3. Выращивание монокристалла в магнитном поле

Условия роста: температура 22°C, магнитное поле. Для создания магнитного поля к стакану с фильтратом приклеивались скотчем неодимовые магниты (от жесткого диска компьютера).

День 1. Установка оборудования, закрепление кристалла на нити, погружение затравки в раствор.

День 2. Замена раствора с последующим удалением побочных кристаллов с нити и граней основного кристалла.

День 3. Повторная замена раствора и удаление побочных кристаллов (рис. 5).

День 4-5. Наблюдается значительное увеличение размеров кристалла.



Рис. 3. Установка для выращивания кристаллов



Рис. 4. Поликристалл

Вывод на основании эксперимента: в ходе эксперимента подтвердилось, что монокристалл правильной формы можно вырастить только из «затравки» в тщательно профильтрованном и охлажденном растворе. Интересен тот факт, что при росте монокристалла без магнитного поля, основная ось кристалла вертикальная, а при росте в магнитном поле кристалл-затравка ориентировался по линиям магнитной индукции, однако формой получившиеся кристаллы не отличаются, следовательно, магнитное поле не влияет на форму кристалла (рис. 6).



Рис. 5. Кристалл до и после удаления побочных кристаллов



Рис. 6. Монокристаллы, выращенные в н. у. (слева) и в магнитном поле (справа)

2.4. Выращивание монокристалла в акустическом поле (18кГц)

Условия роста: температура 22°C, акустическое воздействие (18 кГц) в течение 16 часов. Акустическое поле создавалось при помощи генератора сигналов низкочастотный ГЗ-120 в режиме прямоугольных импульсов амплитудой 30 В при частоте 18 кГц и пьезоизлучателя от электронных часов.

В результате эксперимента затравка была частично разрушена звуковыми колебаниями, выпала из петли, осаждения медного купороса на неё не происходило.

Вывод на основании эксперимента: звуковые колебания высокой частоты приводят молекулы в растворе CuSO_4 , а также сами кристаллы в движение. Можно предположить, что невозможно вырастить монокристалл в акустическом поле. Для подтверждения этого проведем эксперимент повторно при частоте 200 Гц.

2.5. Выращивание монокристалла в акустическом поле (200 Гц)

Условия роста: температура 22°C, акустическое воздействие (200 Гц) в течение 16 часов. Акустическое поле создавалось при помощи генератора сигналов низкочастотный ГЗ-120 в режиме прямоугольных импульсов амплитудой 30 В при частоте 200 Гц и пьезоизлучателя от электронных часов.

Затравка находилась в растворе в течение 16 часов, после чего мы наблюдаем отсутствие увеличения размеров кристалла.

Вывод на основании эксперимента: второй эксперимент подтвердил гипотезу о невозможности осаждения медного купороса на затравку, находящуюся в акустическом поле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При проведении работы были выполнены поставленные задачи:

- изучена теория вопроса;
- выращены экспериментальные образцы кристаллов CuSO_4 при нормальных условиях роста;
- выращены экспериментальные образцы кристаллов CuSO_4 в сильном магнитном поле;

- произведена попытка выращивания кристалла CuSO_4 в акустическом поле высокой и низкой частоты.

В процессе работы было замечено:

1. Чистота маточного раствора влияет на процесс и качество растущих кристаллов: поликристаллы растут в обычном растворе, а монокристаллы – только в хорошо профильтрованном насыщенном растворе при периодической очистке выращиваемого кристалла и замене раствора.

2. Не подтвердилось предположение о том, что форма монокристаллов зависит от внешних факторов.

Анализ литературных источников и результаты, полученные при проведении экспериментов, свидетельствуют о частичном подтверждении гипотезы, а именно: форма кристаллов медного купороса не зависит от внешних условий роста, но различные внешние воздействия могут оказывать влияние на процесс роста кристаллов.

Поскольку при проведении работы не учитывалось влияние многих факторов, вопрос роста кристаллов нуждается в дальнейшем изучении.

Знания, полученные при выполнении данной работы, помогут нам в будущем при изучении роста кристаллов, которые широко используются в народном хозяйстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Выращивание кристаллов – физико-химический эксперимент [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://zircon81.narod.ru/Krystalls.html>. – Дата доступа: 24.06.2013.

2. Занимательная химия. Выращивание кристаллов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kristallikov.net/page6.html>. – Дата доступа: 24.06.2013.

3. Мякишев, Г. Я. Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – 6-е изд. – Москва: Просвещение, 1998. – 222 с.

4. Селезнев, Ю. А. Основы элементарной физики: учеб. пособие / Ю. А. Селезнев. – М.: Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы. – 1974 г.

5. Физика в средней школе: Теория. Задания. Тесты: учеб. пособие для учреждений, обеспечивающих получение общ. сред. образования / Л. А. Аксенович, Н. Н. Ракина, К. С. Фарино; под ред. К. С. Фарино. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004. – 720 с.

6. Физика Вселенная. / под ред. А. С. Ахматова. – М., – 1973 г. – 432 стр.

7. Физика: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений, обеспечивающих получение общ. сред. образования, с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, А. В. Лавриненко, Л. Г. Маркович. – 2-е изд. – Мн.: Народная Асвета, 2004. – 382 с.

Следует отметить, что приведённая в данной главе работа, является экспериментальной.

ГЛАВА 2.

Структура исследования

Приступая к выполнению исследования, будет полезно познакомиться с этапами и общей структурой ученического исследования. Именно этим вопросам и посвящена данная глава.



Мудрая мысль:
Многие стоят на пороге открытия,
но немногих за порог пускают.

Прогностический этап

1. Определение области предполагаемого исследования.
2. Постановка научной проблемы.
3. Выбор темы исследования и подтверждение ее актуальности.
4. Выбор объекта и предмета исследования.
5. Проведение ознакомительного эксперимента.
6. Выдвижение гипотезы.
7. Постановка цели исследования.
8. Формулировка задач исследования.

Этап планирования

9. Выбор или разработка методов исследования.
10. Составление плана исследования.

Этап изучения теоретических основ исследования

11. Изучение теоретических основ по исследуемой проблеме.
12. Обзор и анализ литературы по проблеме исследования.

Аналитический этап

13. Построение соответствующей математической модели.

Экспериментальный этап

14. Разработка методики и программы экспериментальной части исследования.

15. Реализация программы экспериментального исследования.

16. Обработка и анализ результатов экспериментального исследования.

Заключительный этап

17. Обобщение результатов исследования.

18. Формулирование итоговых выводов по проведенному исследованию (научная новизна; теоретическая и практическая значимость; рекомендации по дальнейшим направлениям исследований).

19. Составление и оформление научного отчета.

20. Представление, защита работы.

В предложенном списке этапы исследования расположены один за другим. Однако, нужно учитывать, что при практической реализации исследования каждый из описанных этапов влияет не только на последующие, но и вносит определенные коррективы в предыдущие.

Остановимся на некоторых обязательных этапах исследования подробнее.

В начале исследования нужно обосновать его актуальность. Под актуальностью исследования нужно понимать его значимость для самого автора. Еще лучше, если результаты исследования будут иметь какую-либо научную новизну и являться полезными для общества.

Научное исследование предполагает обязательное определение объекта и предмета исследования.

Объект исследования – это процесс или явление, порождающее исследуемую проблему. **Предметом исследования** является определенное свойство объекта. Объект и предмет исследования как научные категории соотносятся как общее и частное.

Обратите внимание на **объекты**
и **предметы** исследования в работах,
описанных ниже

В начале исследования должна быть выдвинута гипотеза – предположение, которое в ходе исследования предстоит доказать либо опровергнуть. Стоит отметить, что оба результата являются ценными с научной точки зрения.

Также автору необходимо четко сформулировать цель и задачи предстоящего исследования. Цель исследования чаще всего связана с

проверкой гипотезы. А формулируя задачи, исследователь указывает пути достижения цели.

Уже на этапе планирования важно определиться с методами, которые будут использованы в ходе исследования. Безусловно, различные области научного познания имеют свои специфические методы исследования. Однако можно выделить и ряд общих методов, применяемых в самом широком диапазоне научных исследований. Такие методы, конечно же, могут быть применены и в исследовательских работах учащихся.

Общие методы познания обычно делятся на эмпирические и теоретические.

К методам эмпирического исследования относят наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент.

Понятно, что эксперимент как метод эмпирического познания имеет ряд преимуществ, и важнейшим из них является его повторяемость.

К методам, используемым преимущественно при теоретических явлениях, обычно относят абстрагирование, аналогию, анализ и синтез, индукцию и дедукцию, моделирование и др.

Сущность метода **абстрагирования** состоит в мысленном выделении небольшого числа наиболее важных характеристик предмета исследования и отвлечении от других менее существенных.

Аналогия – это метод исследования, при котором из сходства различных объектов по некоторым ключевым признакам делается вывод об их сходстве и по другим признакам.

Метод **анализа** состоит в получении нового знания за счет разложения исследуемого объекта, явления или процесса на элементарные составные части. Суть метода синтеза наоборот заключается в получении нового знания за счет соединения полученных в ходе исследования отдельных фактов в единое целое.

Индукция как метод исследования позволяет перейти от частных фактов к общим выводам. Соответственно, **дедукция** как метод исследования позволяет в соответствии с законами логики перейти от верных общих утверждений к верным частным выводам.

Условием успешного осуществления исследования является тщательный обзор литературы по выбранной теме. Такой обзор позволяет детально изучить теорию исследуемой проблемы; теоретические и практические основы исследования по данной теме (ознакомиться с

Метод исследования – способ применения старого знания для получения нового. Является орудием получения научных фактов.

существующими аналогами); ещё раз подтвердить его актуальность.

Результаты изучения источников информации можно свести в следующую таблицу:

Источник			
Основные вопросы, рассмотренные в источнике	Содержание	№ стр.	Примечания

Полезно сразу фиксировать выходные данные книг и статей, которые использовались в процессе выполнения исследования. В тексте работы обязательно указываются ссылки на использованную литературу. Список литературы оформляется в соответствии с инструкцией по оформлению публикаций [1].

Рассмотрим некоторые примеры оформления источников информации, использованных в исследовании:

Книги (один, два или три автора):

Слободянюк, А. И. Исследовательская деятельность учащихся по физике / А. И. Слободянюк, Л. Е. Осипенко, Т. С. Пролиско. – Минск: Красико-Принт, 2008. – 144 с.

Книги (более трех авторов):

Маленькие секреты больших открытий, или как стать изобретателем / Е. Н. Володько [и др.]. – Минск: Конкурс, 2012. – 64 с.: ил.

Статьи в журналах:

Жолобов, Д. Исследование движения воздушного пузыря в вязкой жидкости / Д. Жолобов, М. Чистяков // Физика. Первоесентября. – Москва, 2013. – № 2. – С. 10–13.

Статьи в газетах:

Маркова, С. «Лифт» на Луну / С. Маркова // Рэспубліка. – 2013. – 31 мая. – С. 84.

Электронные ресурсы:

Клуб юных физиков лицея Белорусско-Российского университета [Электронный ресурс]. – Могилев, 2013. – Режим доступа: <http://ufclub.moy.su/>. – Дата доступа: 24.06.2013.

Работая с литературой, стоит обращать внимание на библиографический список, приводимый автором. Он может содержать полез-

ные ссылки на источники информации, к которым вы еще не обращались.

Основная часть исследовательской работы, направленная на подтверждение выдвинутой гипотезы, может содержать математическую модель изучаемого явления (процесса) и экспериментальное исследование. Эти этапы соответствуют теоретическому и эмпирическому (экспериментальному) способам познания.

Построение математической модели исследования предполагает:

- качественный анализ модели;
- выбор величин, характеризующих исследуемое явление;
- задание системы уравнений, описывающих исследуемое явление;
- определение параметров, входящих в полученные уравнения;
- оценка влияния различных параметров на ход исследуемого процесса;
- задание дополнительных условий, необходимых для однозначного решения полученной системы уравнений;
- выяснение существования и единственности решения;
- анализ допущений, сделанных при построении модели;
- поиск решений в частных и предельных случаях;
- выявление характера протекания изучаемого процесса (явления).

Ниже, в работе «Исследование движения воздушного пузыря в вязкой жидкости», можно будет ознакомиться с практической реализацией перечисленных этапов построения математической модели исследования.



Вечная трагедия науки:
уродливые факты убивают красивые гипотезы.

Проведение экспериментального исследования предполагает разработку программы экспериментального исследования, создание экспериментальной установки, проведение серии запланированных экспериментов, математическую обработку экспериментальных данных, определение достоверности полученных результатов, расчет погрешности измерений и вычислений. Методике обработки экспериментальных данных посвящены учебные пособия [5], [9].

С реализацией основных этапов исследовательской деятельности вы познакомитесь на примере следующей работы.

История ученического исследования

На одном из занятий Клуба юных физиков рассматривались примеры исследовательских работ учащихся и различные конкурсы, в которых можно принять участие. На следующий день заядлые рыбаки Чистяков Максим и Жолобов Даниил высказали свой интерес к одной из задач Турнира юных физиков «Исследование движения воздушного пузырька в вязкой жидкости».

Работа была представлена на Республиканской конференции исследовательских работ учащихся, на Международной конференции учащихся «Сахаровские чтения» (г. Санкт Петербург) в 2012 году. Максим и Даниил стали Лауреатами XIX Всероссийского конкурса юношеских исследовательских работ им. В.И. Вернадского 2011/2012 (г. Москва). Эта работа вошла в сборник лучших работ данной конференции и опубликована в третьем номере журнала «Физика. Первое сентября» 2013 год.

Исследование движения воздушного пузырька в вязкой жидкости

Авторы: Жолобов Даниил Алексеевич, Чистяков Максим Александрович (10 класс)

Научные руководители: Гусев С.В., Плетнёв А.Э., Сугакевич А. Г.
Лицей ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

ВВЕДЕНИЕ

Стремление человека к научному объяснению того, что он наблюдает вокруг себя, всегда являлась поводом для серьёзных открытий в различных областях наук. Поводом для написания данной работы явилось то, что однажды, находясь на рыбалке, мы наблюдали за явлением всплытия пузырьков воздуха.

Цель: Исследовать движение воздушного пузырька при его всплытии.

Объект исследования – воздушный пузырек, всплывающий из глубины жидкости.

Предмет исследования – параметры движения воздушного пузырька, всплывающего в вязкой жидкости.

Гипотеза: пузырек воздуха, всплывающий в вязкой жидкости, будет двигаться с постоянной скоростью.

Задачи:

- изучить теорию исследуемого явления;
- дать математическое описание исследуемого явления;
- экспериментально исследовать характер движения всплывающего пузырька;
- проанализировать полученные результаты.

Методы исследования: наблюдение, эксперимент, анализ, аналогия.

Работа состоит из введения, двух глав и заключения. В первой главе описаны физические модели рассматриваемого явления. Во второй главе описана экспериментальная установка и приведены полученные в ходе исследования результаты.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

1.1. Ламинарное и турбулентное течение. Число Рейнольдса

Различные жидкости при течении в трубах, растекании по поверхности или обтекании препятствий обладают различными свойствами. Степень вязкости жидкости определяется коэффициентом вязкости η . У густых, клейких жидкостей коэффициент вязкости η в десятки и сотни раз выше, чем у текучих.

Ламинарное течение (*lamina* – пластинка, полоска) – это упорядоченное плавное течение жидкости, при котором жидкость перемещается как бы слоями, параллельными направлению течения (например – стенкам цилиндрической трубы), не перемешиваясь. Эти течения наблюдаются или у очень вязких жидкостей, или при малых скоростях течения, а также при течениях в узких трубках или при обтекании тел малых размеров.

При **турбулентном течении** (*turbulentus* – беспорядочный, вихревой) частицы жидкости совершают неустановившиеся движения по сложным траекториям, что приводит к интенсивному перемешиванию между слоями жидкости, т.е. слоистая структура течения нарушается; при этом местные значения параметров движения испытывают случайные отклонения от средних значений и изменяются нерегулярно во времени и пространстве.

Характер потока вязкой жидкости описывается безразмерным числом Рейнольдса (R_e).

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\eta},$$

где ρ – плотность жидкости, v – скорость потока, а l – характерная длина элемента потока.

При значении этого числа 2000–3000 поток становится полностью турбулентным, а при значении R_e меньше нескольких сотен – поток полностью ламинарный, то есть не содержит завихрений.

Жидкость в потоке обладает импульсом. Это означает, что движущаяся жидкость стремится продолжить свое движение с прежней скоростью. В вязкой жидкости этому препятствуют силы внутреннего трения между слоями жидкости, стремящиеся затормозить поток. Число Рейнольдса как раз и отражает соотношение между двумя этими силами – инерции и вязкости. Высокие значения числа Рейнольдса описывают ситуацию, когда силы вязкости относительно малы и не способны сгладить турбулентные завихрения потока. Малые значения числа Рейнольдса соответствуют ситуации, когда силы вязкости гасят турбулентность, делая поток ламинарным.

Число Рейнольдса очень полезно с точки зрения моделирования потоков в различных жидкостях и газах, поскольку их поведение зависит не от реальной вязкости, плотности, скорости и линейных размеров элемента потока, а лишь от их соотношения [6].

1.2. Движение шарика, погружающегося в жидкость под действием силы тяжести

Рассмотрим движение тяжелого шарика, погружающегося в жидкость под действием силы тяжести. В этом случае диаметр рассматриваемого тела не изменяется, и модель является инверсной: рассматривается не всплывающий пузырь, а тонущая дробинка (свинцовый шарик).

Указанный процесс можно описать в приближении Стокса (отсутствие турбулентности). Это означает, что число Рейнольдса (Re), описывающее характер потока вязкой жидкости, должно быть существенно меньше 100.

На движущийся в вязкой жидкости шарик действуют сила тяжести

$$F = mg = \rho V g = 4\pi r^3 \rho g / 3; \quad (1)$$

сила Архимеда

$$F_A = \rho_0 V g = 4\pi r^3 \rho_0 g / 3; \quad (2)$$

сила внутреннего трения, определяемая по формуле Стокса [1], [4]

$$F_C = 6\pi \eta r v, \quad (3)$$

где ρ – плотность шарика, ρ_0 – плотность жидкости,
 r – радиус шарика, η – коэффициент вязкости,
 v – скорость движения шарика.

Пока скорость шарика мала, сила Стокса также мала. Шарик движется равноускоренно.

С возрастанием скорости сила сопротивления растет и наступает момент, когда сила тяжести уравновешивается силами Архимеда и Стокса.

$$4\pi r^3 \rho g / 3 = 4\pi r^3 \rho_0 g / 3 + 6\pi \eta r v.$$

Отсюда коэффициент вязкости η равен:

$$\eta = \frac{(\rho - \rho_0) d^2 g t}{18 l}. \quad (4)$$

Формула Стокса справедлива для круглого шарика, падающего в безграничной среде.

1.3. Математическое описание движения воздушного пузыря, всплывающего в вязкой жидкости

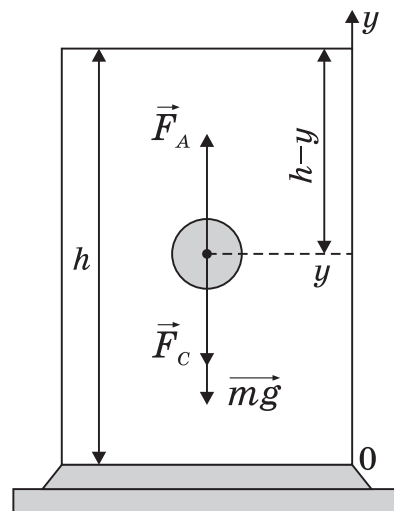
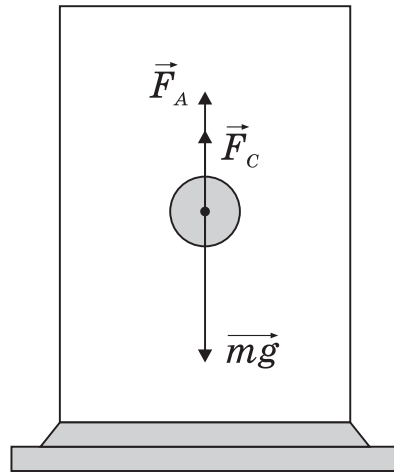
В случае ламинарного течения жидкости, огибающей всплывающий пузырь, 2-й закон Ньютона имеет вид:

$$F_A - F_C - mg = ma. \quad (5)$$

С учетом (1), (2) и (3) выражение (5) примет следующий вид:

$$4\pi r^3 \rho_0 g / 3 - 6\pi \eta r v - mg = ma. \quad (6)$$

Массу воздушного пузыря находим с помощью уравнения Клапейрона–Менделеева: $P_a V_0 = RT$ (7), где P_a – атмосферное давление, V_0 – объем воздуха у поверхности жидкости, равный объему воздуха в шприце.



Получим формулу зависимости радиуса воздушного пузыря от глубины. Согласно закону Бойля-Мариотта:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2, \quad (8)$$

где

$$P_1 = P_a + \rho_0 g(h - y) + 2 \frac{\sigma}{r} - \quad (9)$$

давление в пузырьке на глубине y ,

$$P_2 = P_a + 2 \frac{\sigma}{r_0} - \quad (10)$$

давление в пузырьке у поверхности воды,

P_a – атмосферное давление,

$\rho_0 g(h - y)$ – гидростатическое давление на глубине y ,

$2 \frac{\sigma}{r}$ – лапласово давление, обусловленное поверхностным натяжением стенок пузырька.

Радиус пузырька у поверхности жидкости связан с его объемом соотношением

$$V_0 = \frac{4}{3} \pi r_0^3. \quad (11)$$

С учетом этого уравнение (8) примет вид:

$$\frac{[(P]_k + \rho_0 g(h - y) + 2 \frac{\sigma}{r}) 4}{3} \pi r^3 = \frac{\left(P_a + 2 \frac{\sigma}{r_0}\right)}{3} \pi r_0^3. \quad (12)$$

Так как давление Лапласа в данном случае существенно меньше атмосферного и гидростатического давления, то им можно пренебречь. Тогда уравнение (12) примет вид:

$$[(P]_k + \rho_0 g(h - y)) r^3 = P_a r_0^3.$$

Таким образом, зависимость радиуса воздушного пузыря от глубины может быть выражена формулой:

$$r = \sqrt[3]{\frac{P_a r_0^3}{P_a + \rho g(h - y)}} = r_0 \sqrt[3]{\frac{P_a}{P_a + \rho g(h - y)}} = f(y). \quad (13)$$

С учетом этого выражение (6) примет следующий вид:

$$ma = \frac{4}{3} \pi \cdot f^3(y) \cdot \rho_0 g - 6\pi \eta \cdot f(y) \cdot v - mg, \quad (14)$$

так как масса воздушного пузырька мала, можно пренебречь силой тяжести mg . Тогда

$$a = \frac{4\pi \cdot f^3(y) \cdot \rho_0 g}{3m} - \frac{6\pi \eta \cdot f(y) \cdot v}{m}. \quad (15)$$

Мы предположили, что скорость пузырька с течением времени будет стремиться к некоторому постоянному значению. В этом случае $a = 0$, тогда уравнения (6) и (15) примут вид $4\pi r^3 \rho_0 g / 3 = 6\pi \eta r v$, откуда

$$v = \frac{2r^2 \rho_0 g}{9\eta}. \quad (16)$$

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

2.1. Определение вязкости жидкости

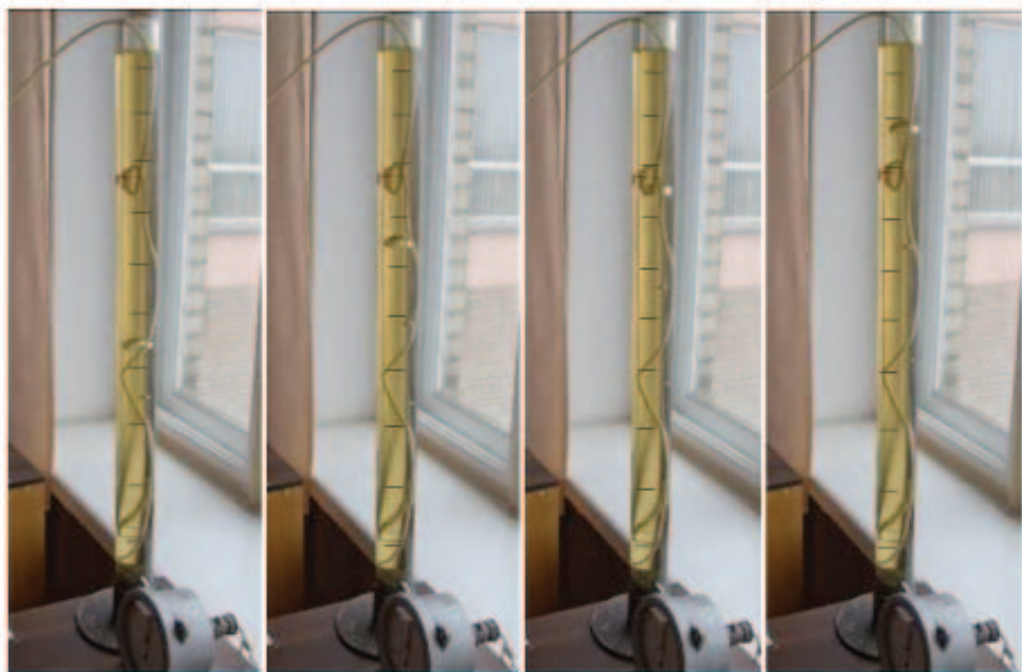
В эксперименте использовалась длинная стеклянная трубка, заполненная смесью глицерина и воды.

Изучение погружения шарика в жидкость позволило нам определить вязкость жидкости. Для этого мы провели серию опытов с маленькими свинцовыми шариками, которые погружались в жидкость.

По формуле (4) рассчитали вязкость жидкости $\eta = \frac{(0,28 \pm 0,02) \text{ кг}}{\text{м} \cdot \text{с}}$.

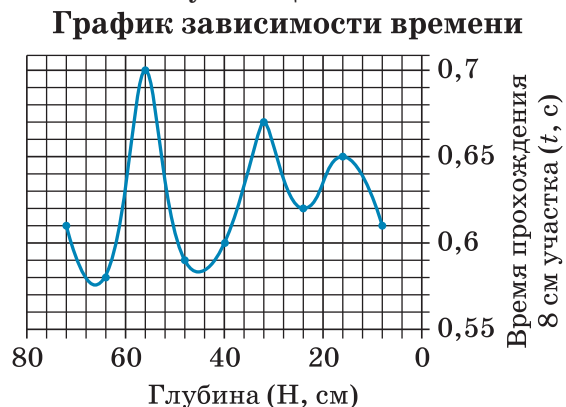
2.2. Исследование подъема воздушного пузыря

При помощи шприца и шланга на дне сосуда неоднократно создавались одинаковые воздушные пузыри. Процесс их всплытия записывался на видеокамеру. Раскадровка видео позволила определить среднее время прохождения пузырьком равных участков пути на различной глубине.



По экспериментальным данным была построена зависимость времени прохождения пузырьком одинаковых участков пути от глубины.

График зависимости времени прохождения пузырьком восьмисантиметрового участка от глубины описывает затухающие колебания.



Такой вид зависимости можно объяснить тем, что пока скорость пузырька мала, сила Стокса также мала. Пузырек разгоняется под действием превосходящей силы Архимеда. Затем увеличение скорости приводит к возрастанию силы Стокса, которая мешает всплытию. Скорость пузырька и сила Стокса снижается. Пузырек вновь разгоняется под действием силы Архимеда и т.д.

Наступает момент, когда сила тяжести уравнивается силами Архимеда и Стокса. Колебания затухают, и устанавливается постоянная скорость. Используя экспериментальный график ее значение можно оценить по формуле $v = \frac{H}{t}$.

Согласно приведенным в работе экспериментальным данным, модуль скорости, испытывая затухающие колебания, стремится к значению $v_{\text{эксп}} = (0,13 \pm 0,02) \text{ м/с}$.

Подставив экспериментальные данные в теоретическое выражение для установившейся скорости (16), мы получили $v_{\text{теор}} = (0,19 \pm 0,04) \text{ м/с}$.

Оценив значение скорости, можно перейти к оценке числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\eta}; R_e = \frac{1260 \cdot 0,15 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{0,28} = 3,4.$$

Поскольку $R_e \ll 100$, можно утверждать, что предположение о ламинарности процесса было выдвинуто верно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы было исследовано движение воздушного пузыря при его всплытии:

- дано математическое описание наблюдаемого явления и проведено экспериментальное исследование, результаты которого не противоречат теории;
- экспериментально определена вязкость смеси глицерина и воды $\eta = (0,28 \pm 0,02) \text{ кг/(м} \cdot \text{с)}$;

• получена экспериментальная зависимость времени прохождения пузырьком одинаковых участков пути от глубины;

• теоретически и экспериментально оценены значения установившейся при всплытии скорости, которые с учетом погрешностей хорошо согласуются ($v_{\text{теор}} = (0,19 \pm 0,04) \text{ м/с}$, $v_{\text{эксп}} = (0,13 \pm 0,02) \text{ м/с}$);

• оценка числа Рейнольдса ($R_e = 3,4$) подтверждает справедливость выбора математической модели, описывающей движение пузырька воздуха в вязкой жидкости.

Таким образом, гипотеза о том, что пузырь воздуха, всплывающий в вязкой жидкости, будет двигаться с постоянной скоростью, частично подтвердилась.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гегузин, Я. Е. Пузыри / Я. Е. Гегузин. – Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 176 с. – (Библиотечка «Квант». Вып. 46.)
2. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний, автоколебания [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ppra.ru/additional/02phy/04/phy_kv_07.php. – Дата доступа: 24.06.2013.

3. Слободянюк, А. И. Физика для избранных: Магнитостатика. Электродинамика. Теория колебаний / А. И. Слободянюк. – Минск: Белорус. ассоц. «Конкурс», 2011. – 448 с.

4. Физика: учеб. для 10-го кл. общеобразоват. учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – 6-е изд. — Москва: Просвещение, 1998. – 222 с.

5. Физика: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений, обеспечивающих получение общ. и сред. образования, с рус. яз. обучения/ В. В. Жилко, А. В. Лавриненко, Л. Г. Маркович. – 2-е изд. – Минск: Нар. асвета, 2004. – 382 с.

6. Элементы большой науки. Природа науки. Число Рейнольдса [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elementy.ru/trefil/21200?context=20442&discuss=21200&return=1>. – Дата доступа: 24.06.2013.

Внимательный читатель смог заметить, как авторы предложенной работы использовали основные этапы исследовательской деятельности: от определения области предполагаемого исследования, постановки научной проблемы, выбора темы исследования до представления и анализа возможного практического применения ее результатов.



Как-то в раннем детстве в нём уснул гений. Жизнь идёт, а гений спит с каждым днём всё крепче и крепче.

ГЛАВА 3.

Подготовка работ к представлению на конкурсах и конференциях

Не менее важным этапом в исследовательской деятельности учащихся является представление их работ на конкурсах или конференциях. Об этом и пойдёт речь в третьей главе.

Чаще всего конкурсы и конференции проходят в два тура: заочный и очный. При регистрации исследовательских работ на *заочный тур* форума ученическое исследование представляется в виде тезисов или развернутого отчета о проведенном исследовании. Формы представления исследования при регистрации утверждается организаторами соответствующего конкурса или конференции.

Тезисы – это краткое изложение содержания проведенного исследования, их объем обычно не превышает 1-2 страницы. Предлагаем вашему вниманию образец тезисов работы, опубликованной в предыдущей главе, которые были представлены на Сахаровские чтения в 2012 году.

Исследование движения воздушного пузыря в вязкой жидкости

Авторы: Жолобов Даниил Алексеевич, Чистяков Максим Александрович.

Лицей государственного учреждения высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет», г. Могилёв

Стремление человека к научному объяснению того, что он наблюдает вокруг себя, всегда являлась поводом для серьёзных открытий в различных областях наук. Поводом для написания данной работы явилось то, что однажды, находясь на рыбалке, мы наблюдали за явлением всплытия пузырьков воздуха.

Цель: Исследовать движение воздушного пузыря при его всплытии.

Объект исследования – воздушный пузырь, всплывающий из глубины жидкости.

Предмет исследования – параметры движения воздушного пузыря, всплывающего в вязкой жидкости.

Гипотеза: пузырь воздуха, всплывающий в вязкой жидкости, будет двигаться с постоянной скоростью.

Задачи:

- изучить теорию исследуемого явления;
- дать математическое описание исследуемого явления;
- экспериментально исследовать характер движения всплывающего пузырька;
- проанализировать полученные результаты.

Методы исследования: наблюдение, эксперимент, анализ, аналогия.

Работа состоит из введения, двух глав и заключения. В первой главе описаны физические модели рассматриваемого явления (погружение дробинки и всплытие воздушного пузырька в вязкой жидкости). Во второй главе описана экспериментальная установка и приведены полученные в ходе исследования результаты.

В ходе работы было исследовано движение воздушного пузыря при его всплытии:

- дано математическое описание наблюдаемого явления и проведено экспериментальное исследование, результаты которого не противоречат теории;
- экспериментально определена вязкость смеси глицерина и воды

$$\eta = (0,28 \pm 0,02) \text{ кг/(м} \cdot \text{с)};$$

- получена экспериментальная зависимость времени прохождения пузырьком одинаковых участков пути от глубины;

- по результатам эксперимента был сделан вывод о том, что изменение скорости воздушного пузыря при его всплытии в вязкой среде описывается закономерностями, присущими затухающему колебательному движению;

- теоретически и экспериментально оценены значения установившейся при всплытии скорости, которые с учетом погрешностей хорошо согласуются ($v_{теор} = (0,19 \pm 0,04) \text{ м/с}$, $v_{эксп} = (0,13 \pm 0,02) \text{ м/с}$);

- с учетом полученного значения установившейся скорости движения пузыря была произведена оценка числа Рейнольдса ($Re = 3,4$) и сделан вывод о справедливости выбора математической модели, описывающей движение пузырька воздуха в вязкой жидкости.

Таким образом, гипотеза о том, что пузырь воздуха, всплывающий в вязкой жидкости, будет двигаться с постоянной скоростью, частично подтвердилась.

Примечание: В ряде конкурсов предполагается, что в конце основного текста тезисов размещается список использованной литературы. В таком случае в тексте тезисов расставляются соответствующие ссылки.

Иногда организаторы конкурсов и конференций учащихся предлагают вместе с работой представить **аннотацию** – текст, объемом 500-600 символов, содержащий краткую характеристику исследования, основные положения ученической работы. Для примера обратимся к аннотации описанной выше работы.

Аннотация на работу: Исследование движения воздушного пузыря в вязкой жидкости

В работе, посвященной изучению процесса всплытия пузырька газа в жидкости, приводятся уравнения движения сферических тел в вязкой жидкости. Указанные процессы рассмотрены в приближении Стокса (отсутствие турбулентности). Приведен общий вид уравнения, описывающего движение всплывающего пузырька, экспериментально исследован процесс всплытия пузырей, выявлен характер изменения скорости пузыря с течением времени. Доказано, что модуль скорости пузыря стремится к некоторому определенному значению, испытывая затухающие колебания возле этого значения.

Основными видами представления исследовательских работ учащихся на *очном туре* ученических конкурсов и конференциях является стендовый доклад, сопровождающийся плакатом, на котором наглядно отражено основное содержание исследования и достигнутые результаты или устный доклад (как правило, в сопровождении электронной презентации).

В случае, если приглашение на очный тур конкурса или конференции сопровождается рецензией на проведенное исследование, нужно проанализировать полученные замечания и учесть их при подготовке окончательного текста доклада.



Мудрая мысль:

Самое сложное в написании доклада – не ставить смайлики после каждой удачной мысли...

Текст доклада содержит полный текст выступления учащегося перед участниками конкурса (конференции) и членами жюри. Он состоит из введения, нескольких глав и заключения.

Введение содержит обоснование актуальности исследуемой проблемы, гипотезу, цель и задачи исследования, анализ литературы по теме исследования.

В основной части доклада, разбитой на главы и параграфы, приводятся обоснование методики исследования, описание математической модели исследуемого явления или процесса, описание созданной экс-

периментальной установки, а также основные результаты, полученные в ходе исследования.

В заключение доклада важно привести основные выводы по работе, рекомендации по практическому применению ее результатов, а также наметить возможные направления дальнейших исследований.

Представленные на конкурсы или конференции учащихся исследовательские работы подвергаются экспертной оценке. При оценивании ученических исследований эксперты обычно принимают во внимание как содержание самой работы, так и её стендовое оформление, а также публичное выступление учащегося.

Критерии оценки исследовательских работ и публичного выступления докладчика на разных конференциях, естественно, отличаются. В тоже время, сопоставив подобные критерии, предлагаемые на национальных, всероссийских и международных конкурсах (конференциях) [2], [3], [8], можно сформулировать обобщенные критерии оценки исследовательских работ и критерии оценки публичного выступления докладчика, которые полезно учитывать при подготовке текстов докладов, а так же при подготовке докладчиков к выступлениям.



Актуальный вопрос.
А является ли каша в голове пищей для ума?

Примерные критерии оценки исследовательской работы

Новизна, актуальность, самостоятельность работы

Актуальность поставленной задачи.

Новизна решаемой задачи.

Умение автора выделить и сформулировать проблему, гипотезу, цель и задачи исследования.

Оригинальность методов решения задачи, исследования.

Наличие результатов, полученных самостоятельно, которые отмечены автором в тексте работы.

Использование знаний, выходящих за рамки школьной программы.

Объём проделанной работы

Объём проделанной работы (обработка большого количества данных, количество полученных результатов исследования и т.д.).

Количество проанализированных источников информации.

Достоверность результатов исследования

Соответствие полученных результатов уже имеющимся научным данным.

Аргументация полученных результатов.

Научная и практическая значимость исследования

Научная значимость работы.

Практическая значимость работы.

Оценка перспектив дальнейших исследований.

Культура оформления работы

Соответствие установленным организаторами требованиям к оформлению работы.

Правильность оформления ссылок на используемые материалы.

Правильное структурирование работы, соответствие текста работы оглавлению.

Наличие в тексте подписей к рисункам, схемам, таблицам, диаграммам и т.д.

Соответствие нормам литературного языка, орфографическая и пунктуационная грамотность.

Примерные критерии оценки публичного выступления участника

Степень владения содержанием доклада

Способность докладчика выступить без опоры на текст доклада.

Отсутствие неверных утверждений, ошибок, оговорок в ходе выступления и в процессе ответов на вопросы.

Эрудированность автора в рассматриваемой области, представление о современном состоянии проблемы

Структура выступления. Научный стиль изложения

Логика изложения. Наличие аргументированной точки зрения автора.

Логичность и обоснованность выводов.

Культура выступления

Богатство и выразительность речи.

Соответствие словесных и наглядных форм представления материалов.

Уверенность докладчика в ходе выступления и в процессе ответов на вопросы.

Соблюдение регламента.



Мудрая мысль:

Чтобы правильно задать вопрос,
нужно знать больше половины от-
вета!

Стоит отметить, что публичное выступление – это особый и новый для вас вид деятельности. Уверенно держаться перед аудиторией может не каждый, но многие могут этому научиться. Полезно, чтобы вы могли сделать доклад по своему исследованию не только на 7-10 минут, положенных по регламенту, но и кратко описать содержание исследования за 2 минуты или даже за 30 секунд простым, понятным для вас и окружающих языком. Так вы сможете выделить самое главное в своем исследовании и будете лучше ориентироваться в своей работе. Особенно это важно при подготовке к стендовому докладу.

В связи с этим, вместе с научным руководителем вам необходимо уделить достаточное внимание отработке навыков представления результатов своего исследования на конкурсах и конференциях.

Не стесняйтесь проводить пробные доклады по своей работе не только перед зеркалом, но и перед одноклассниками, учителями и родителями.

ГЛАВА 4.

Подготовка электронной презентации и стенда

Из предыдущей главы вы помните, что стандартными видами представления исследовательских работ учащихся на очном туре ученических конкурсов и конференциях является стендовый или устный доклад. Большинство конкурсов предусматривает оценку не только содержания исследовательской работы, но и её стендовое оформление, а также качество электронной презентации, сопровождающее устное выступление. На некоторых форумах даже определяют победителей в таких номинациях, как «Лучший стенд», «Лучшие иллюстрационные материалы» и т.п.

В связи с этим, в данной главе мы предлагаем примерную структуру и рекомендации по оформлению электронной презентации и стенда [4], [7], [10].

Примерная структура электронной презентации

Электронные презентации, как правило, создаются с помощью Microsoft PowerPoint.

Первый слайд презентации представляет собой «титульный лист», на котором размещается название конкурса, в котором принимает участие работа; тема работы; Ф.И.О. автора (или авторов) работы и её руководителя; название учебного заведения, где выполнялась исследовательская работа.

Следующие слайды содержат информацию об актуальности исследования, выдвигаемой гипотезе, а также цели и задачах исследования. На этих слайдах автор работы может указать предмет и объект исследования.

Информационное содержание последующих слайдов должно отражать суть этапов теоретического и практического исследований: выбор методов исследования; построение математической модели исследуемого явления, процесса и т.д.; описание экспериментальной установки; проводимые расчёты; результаты исследования в сопровождении графиков, диаграмм, таблиц, фотоматериалов и т.п., выводы по результатам исследования.

Далее размещаются выводы по работе, заключение и перспективы исследования.

Заключительным слайдом докладчик благодарит слушателей за внимание и может разместить на нём контактную информацию.

Рекомендации по оформлению презентаций

Общие рекомендации

- презентация должна сопровождать, иллюстрировать доклад, а не заменять его;
- для навигации по презентации можно использовать нумерацию слайдов, гиперссылки или управляющие кнопки, это может быть удобно при ответах на вопросы по докладу.

Рекомендации по оформлению слайдов

- все слайды презентации должны быть оформлены в едином стиле;
- дизайн слайдов нужно подбирать с учетом темы доклада, а и их фон должны быть достаточно простыми и строгими;
- каждый слайд должен иметь лаконичный заголовок, выделяющийся цветом и шрифтом;
- не стоит перегружать слайд большим количеством текстовой информации (желательно избегать чисто текстовых слайдов);
- для того чтобы текст на слайде хорошо читался, нужно использовать крупный шрифт, полуторный межстрочный интервал;
- нежелательно использовать на одном слайде более 2-3-х шрифтов и более 3-4-х цветов;
- наиболее важная информация должна располагаться по центру слайда;
- по краям слайда должны оставаться свободные поля.

Рекомендации по оформлению изображений, графиков, таблиц

- при подготовке презентации следует иметь в виду, что список из нескольких пунктов на слайде воспринимается аудиторией лучше неструктурированного текста, таблица лучше списка, а диаграммы и графики нагляднее таблиц;
- заголовки таблиц и списков должны выделяться шрифтом или цветом;
- диаграммы, графики, рисунки и другие объекты должны быть подписаны, все их элементы должны быть хорошо видны;
- большие списки и таблицы нужно разбить на несколько слайдов.

Рекомендации по использованию анимационных и звуковых эффектов

- анимацию в презентации следует применять только, если это необходимо для отражения содержания доклада, например, в тех случаях, когда она иллюстрирует взаимосвязь между объектами (понятиями, явлениями, процессами и т.д.), или трансформацию одного из таких объектов в другой;
- если в презентации анимация все же применяется, она не должна быть навязчивой: не стоит применять эффекты анимации к заголовкам слайдов и тем более, категорически нельзя использовать побуквенную анимацию текста, поскольку это лишь раздражает аудиторию;
- осторожно подходите к применению звуковых эффектов, которые так же могут отвлечь аудиторию от сути доклада.

Рекомендации по использованию аудио или видеоматериалов

- как правило, видеоматериалы в презентации доклада могут быть успешно заменены одним или серией из нескольких отдельных кадров;
- если же применение аудио- или видеоматериалов является обязательным для изложения сути доклада, полезно все необходимые аудио- и видеофайлы скопировать в одну папку с презентацией. Копируя эту папку целиком, можно будет запускать презентацию с аудио- и видеофрагментами на других компьютерах.

Примерная структура стенда (постера)

Стендовый доклад существенно отличается от устного доклада в сопровождении презентации. Прежде всего, это связано с принци-

ально иным способом подачи иллюстративного материала, сопровождающего доклад.

Презентации обычно имеют линейную структуру, в рамках которой информация подается порциями слайд за слайдом. Плакат при стендовом докладе должен кратко и наглядно отражать основное содержание работы и достигнутые в ходе ее выполнения результаты.

Требования к содержанию стендов, определяемые организаторами различных конкурсов (конференций) исследовательских работ учащихся, естественно, несколько отличаются. Однако отличия эти, в основном, носят чисто технический характер.

В качестве примера приведем рекомендации по оформлению стендов, предлагаемые участникам Всероссийского конкурса исследовательских работ учащихся им. В. И. Вернадского [3].

Оформление стенда

Размер плаката для стендового доклада (постера) не должен превышать 800×800 мм.

В верхней части располагается полоска шириной около 105 мм, содержащая название работы, выполненное шрифтом 48 (12 мм высоты прописной буквы). Под названием на той же полосе – фамилии авторов и научного руководителя, учреждение, город, где выполнена работа – шрифтом 36 (8 мм высоты прописной буквы). В левом углу полоски должен быть выделен индивидуальный номер стенда, который сообщается в пригласительном письме или при регистрации.

Текст, содержащий основную информацию о проделанном исследовании (цель и задачи, методы исследования, полученные результаты и выводы) должен быть выполнен шрифтом Times New Roman Cyr, размер 20 или 22 через 1,5 интервала. При отсутствии необходимой оргтехники возможно отклонение от стандарта.

Информативность и убедительность предоставляемого материала зависит от качества иллюстративного материала (т.е. графиков, таблиц, рисунков и фотографий). Таблицы не должны быть перегружены цифровым материалом. Рисунки и графики должны иметь пояснения. Весьма уместно использование цветной графики. Фотографии должны нести конкретную информационную нагрузку. Оптимальное соотношение текстового и иллюстративного материала примерно соответствует 1:1 по занимаемой площади стенда.

Любая дополнительная информация опровергнутая в исследовании (фотоальбом, гербарий, коллекция минералов и т.п.) может быть

представлена автором непосредственно во время сессии.

В качестве иллюстрации к вышеизложенному, приведем тезисы исследовательской работы «Исследование влияния электрического поля на пламя», а также презентацию, предназначенную для сопровождения устного доклада и постер для стендового доклада по данной работе.

Исследование влияния электрического поля на пламя

Шандарович Баженов Михайлович, Лисов Дмитрий Александрович
Лицей ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», г. Могилёв

По мере развития науки и техники процесс горения приобрёл важное прикладное и новое в теоретическом аспекте значение. Намечались новые направления исследований в этой области: переработка природных газов, нефти и угля в органические полупродукты; инициирование реакций в растворах; придание огнестойкости полимерным материалам; исследования в области пожарной безопасности и пожаротушения; борьбы с загрязнениями атмосферы продуктами горения и многое другое. Поэтому у многих исследователей вызывают определённый интерес явления, связанные с влиянием внешнего электрического поля на процесс горения.

В связи с этим в данной работе рассматривается поведение пламени в электростатическом поле.

Объект исследования: пламя в электростатическом поле.

Предмет исследования: зоны пламени и их некоторые характеристики.

Гипотеза: поведением пламени можно управлять, воздействуя на него электростатическим полем.

Цель работы: осуществить гашение пламени внешним электростатическим полем.

Задачи:

- изучить теоретические основы химических и физических процессов, происходящих в пламени;
- измерить температуру пламени в его различных зонах в отсутствии электростатического поля и при его наличии;
- изучить поведение пламени при наличии электростатического поля;
- исследовать зависимости частоты колебаний пламени от напряжённости внешнего электростатического поля;
- воздействуя электрическим полем на пламя осуществить попытку его гашения;
- сделать выводы по итогам эксперимента.

Методы исследования: наблюдение, эксперимент, анализ.

В ходе работы было исследовано поведение пламени при продольном и поперечном воздействии на него внешним (однородным и неоднородным) электроста-

тическим полем. Для создания полей применялся высоковольтный генератор и электроды различной формы, использование которых позволяло воздействовать как на пламя в целом, так и на его отдельные зоны.

В ходе эксперимента было установлено следующие факты:

- экспериментальные значения температур в различных зонах пламени практически совпадают со значением температур, приведённых в справочной литературе;
- электростатическое поле существенно не влияет на изменение температуры пламени в его зонах;
- состав пламени входят отрицательно и положительно заряженные частицы;
- частота колебаний пламени увеличивается с увеличением напряжённости электрического поля;
- воздействие электрического поля на пламя в целом не позволяет его потушить, но способствует изменению формы его фронта;
- локальное воздействие на внутренний конус пламени позволяет его потушить при напряжённости электростатического поля 400 кВ/м.

Результаты данной работы подтверждают факт возможности тушения пламени с помощью электрического поля. В связи с этим возникает необходимость более детального изучения данного вопроса. Может быть, вполне реально создать установку, с помощью которой можно будет вести борьбу с низовыми пожарами.

Далее рассмотрим пример постера для стендового доклада.

Городской конкурс (конференция)
исследовательских работ по учебным предметам
учащихся учреждений общего среднего образования

Исследование влияния электрического поля на пламя



Клуб юных физиков
Лицей ГУ ВПО
«Белорусско-Российский университет»
ufclub@list.ru

Авторы: Шандарович Бажен Михайлович, Лисов Дмитрий Александрович

Научные руководители: Плетнев Александр Эдуардович,
Гусев Сергей Викторович, Сугакевич Александр Георгиевич

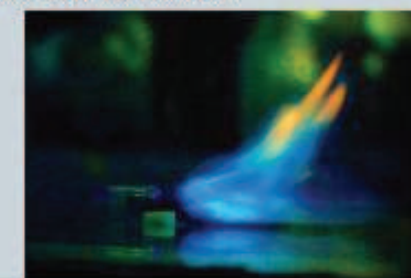
АКТУАЛЬНОСТЬ

2

С развитием техники процесс горения приобрёл важное прикладное и новое в теоретическом аспекте значение.

В последние годы наметились новые направления исследований в области процесса горения. В частности, у многих исследователей вызывает интерес явление влияния внешнего электрического поля на пламя.

В связи с этим, в данной работе рассматривается влияние электростатического поля на поведение пламени.

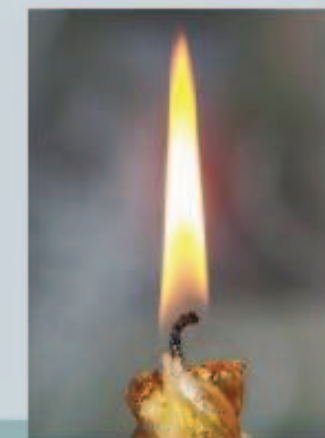


ПЛАМЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

3

- **Гипотеза:** Поведением пламени можно управлять, воздействуя на него электростатическим полем.

- **Цель:** Осуществить гашение пламени внешним электростатическим полем.



ЗАДАЧИ:

4

- изучить теоретические основы физико-химической природы пламени;
- измерить температуру пламени в его различных зонах в отсутствии электростатического поля и при его наличии;
- изучить поведение пламени при наличии электростатического поля;
- осуществить попытку гашения пламени под воздействием электрического поля;
- сделать выводы по итогам эксперимента.



ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

6

Структура пламени

По процессам протекающим в пламени в нём выделяют 3 зоны: внутренний конус, зона реакции и наружный конус.

Наружный конус
Зона реакции
Внутренний конус



Рисунок 3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

5

Описание экспериментальной установки



Рисунок 1



Рисунок 2

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

7

Определение температуры в зонах пламени в отсутствии электрического поля и при его наличии



Рисунок 4



Рисунок 5

Сравнительный анализ распределения температуры в зонах пламени

8

Зона пламени	Теоритические значения температур, °C	Экспериментальные значения температур, °C	
		В отсутствии поля	При наличии поля
Внутренний конус	300 - 350	320 - 380	450 - 520
Зона реакции	500 - 800	720 - 810	770 - 800
Наружный конус	900 - 1500	980 - 1040	980 - 1060

Вывод: Полученные в ходе измерения значения температур в различных зонах пламени в отсутствии поля практически совпадают с теоретическими значениями. Электростатическое поле существенно не влияет на изменение температуры пламени в его зонах.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ

9

Исследование наличия заряженных компонентов в пламени

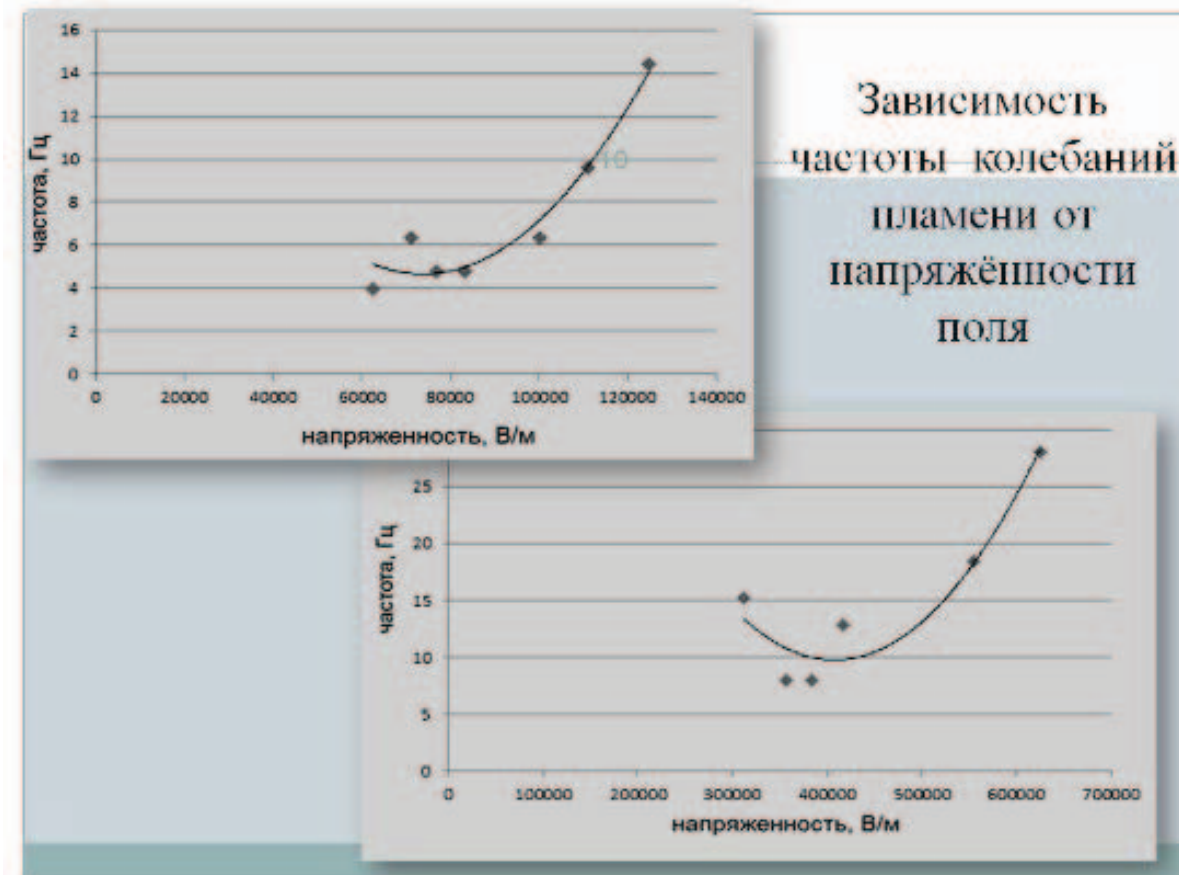


Рисунок 6



Рисунок 7

Вывод: В состав пламени входят отрицательно и положительно заряженные частицы.



Исследование зависимости частоты колебаний пламени от напряжённости поля

11

Вывод: с увеличением напряжённости внешнего электрического поля частота колебания фронта пламени увеличивается. Колебания пламени прекращаются, когда наступает электрический разряд между пластинами (рис. 10).



Рисунок 10

ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

12

Общее воздействие электрическим полем на пламя



Рисунок 11

Наблюдались интенсивные колебания пламени, однако затушить его не удалось.

ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

13

Общее воздействие электрическим полем на пламя



Рисунок 12



Рисунок 13



Рисунок 14

Вывод: Общее воздействие электрическим полем на пламя не позволяет его затушить, а способствует изменению формы его фронта.

ТУШЕНИЕ ПЛАМЕНИ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИМ ПОЛЕМ

14

Локальное воздействие электрическим полем на пламя

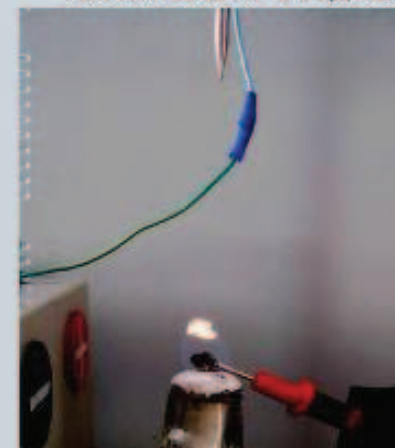


Рисунок 15



Рисунок 16

Вывод: Локальное воздействие на внутренний конус пламени позволяет его затушить при напряжённости электростатического поля 400кВ/м.

ВЫВОДЫ

15

В ходе эксперимента были установлены следующие факты:

- экспериментальные значения температур в различных зонах пламени совпадают с теоретическими;
- электростатическое поле существенно не влияет на изменение температуры пламени в его зонах;
- в состав пламени входят отрицательно и положительно заряженные частицы;

ВЫВОДЫ

16

- частота колебаний пламени увеличивается с увеличением напряжённости электрического поля;
- воздействие электрического поля на пламя в целом не позволяет его затушить, но способствует изменению формы его фронта;
- локальное воздействие на внутренний конус пламени позволяет его затушить при напряжённости электростатического поля 400кВ/м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

17

Результаты данной работы подтверждают факт возможности тушения пламени с помощью электрического поля. В связи с этим возникает необходимость более детального изучения данного вопроса. Может быть, вполне реально создать установку, с помощью которой можно будет вести борьбу с низовыми пожарами за счёт:

- ✗ гашения пламени, воздействуя электрическим полем на его внутренний конус;
- ✗ отклонения электрическим полем фронта пламени в нужном направлении.



19

Спасибо за внимание

Городской конкурс (конференция)
исследовательских работ по учебным предметам
учащихся учреждений общего среднего образования

Исследование влияния электрического поля на пламя

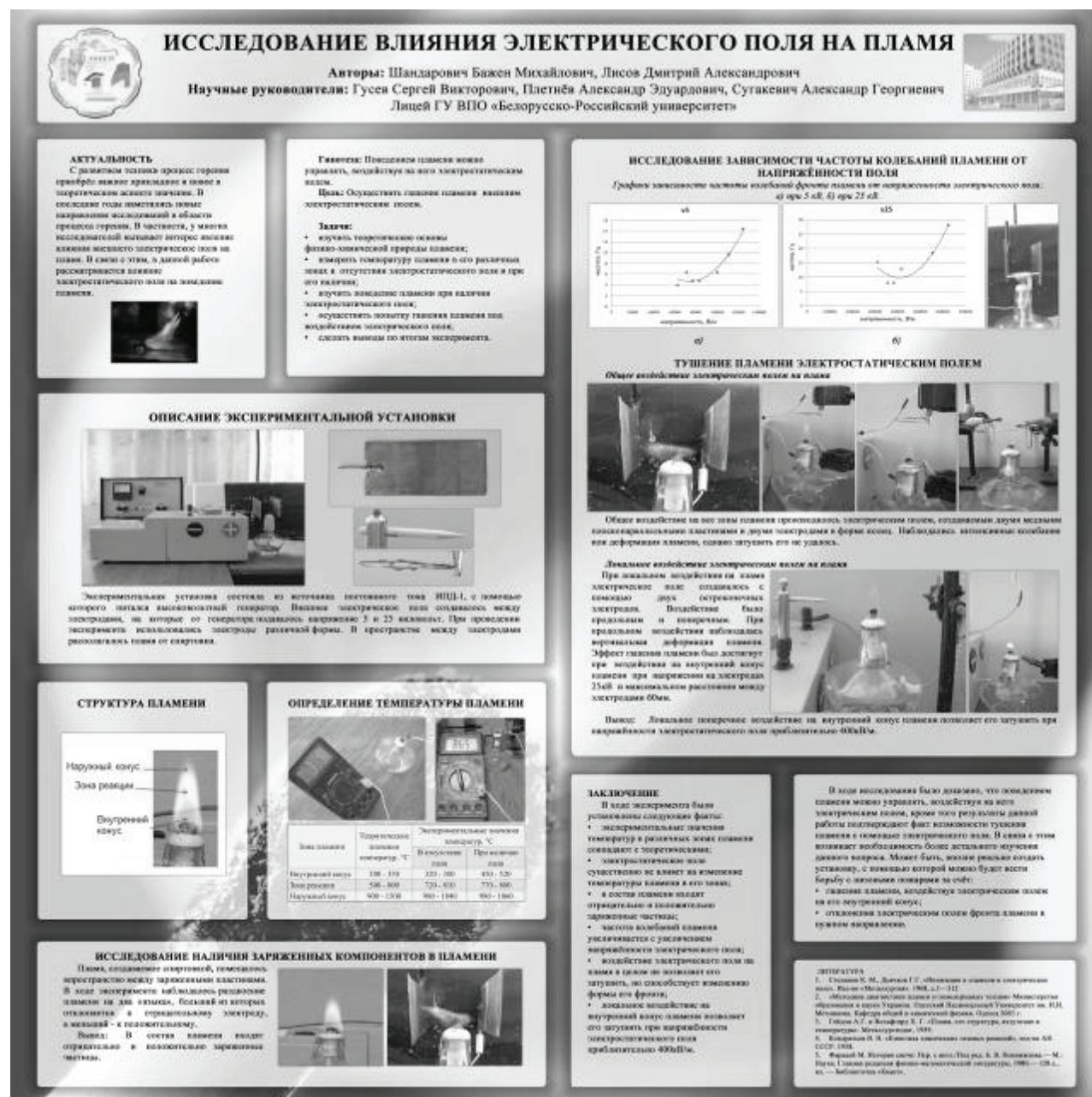


Клуб юных физиков
Лицей ГУ ВПО
«Белорусско-Российский университет»

ufclub@list.ru

Авторы: Шандарович Бажен Михайлович, Лисов Дмитрий Александрович

Научные руководители: Плетнев Александр Эдуардович,
Гусев Сергей Викторович, Сугакевич Александр Георгиевич



ГЛАВА 5. Примеры исследовательских работ учащихся

В предыдущих главах вы не только познакомились с правилами проведения и защиты исследований, но и увидели примеры исследовательских работ учащихся.

К сожалению или к счастью, но на этом наш краткий курс теории исследовательской деятельности заканчивается и приходит время закрепления полученных знаний.

Для этого предлагаем вам, используя критерии оценки ученических исследований (глава 3) проанализировать несколько интересных исследовательских работ ваших сверстников. А для того чтобы вам было интереснее работать, мы сознательно оставили работы со всеми их достоинствами и недочётами в том виде, в каком они были представлены нашими учащимися.

История ученического исследования

При подготовке к Турниру юных физиков Ласьков Александр заинтересовался одной из задач, в которой речь шла об устройстве, с которым он не раз встречался в компьютерных играх. Так, например, в игре Half-Life гауссова пушка является наиболее мощным оружием, стреляющим раскалёнными плутониениевыми стержнями, а в Planetside 2 у Империи New Conglomerate почти всё оружие от пистолета до тяжёлого дробовика на руке у экзоскелета представляет из себя как раз таки разнообразные варианты пушки Гаусса.

Конечно, этот список вы могли бы с лёгкостью продолжить. А Саша Ласьков сразу же приступил к изучению принципа работы электромагнитной пушки Гаусса (GaussGun), вместе с папой собрал установку и достойно защитил работу на Республиканском Турнире юных физиков в 2009-2010 учебном году. Затем на Российской научной конференции школьников «Открытие» в Ярославле заслужил почетную грамоту «За разработку практической реализации научной идеи».

В данной работе получилась очень наглядная презентация, которую мы и предлагаем вам проанализировать.

XIII Российская научная конференция школьников «Открытие»

Секция ФИЗИКА
**ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ПУШКИ**



лицей ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»
г. Могилёв, Республика Беларусь

Автор: Ласьков Александр

Научные руководители: Плетнев Александр Эдуардович, Гусев Сергей Викторович

Цель и задачи

Цель:

Исследовать работу электромагнитной пушки катушечного типа.

Задачи:

1. Изучить теоретические основы принципа работы пушки.
2. Собрать электромагнитную пушку катушечного типа.
3. Исследовать параметры, влияющие на скорость вылета и дальность полёта снаряда.

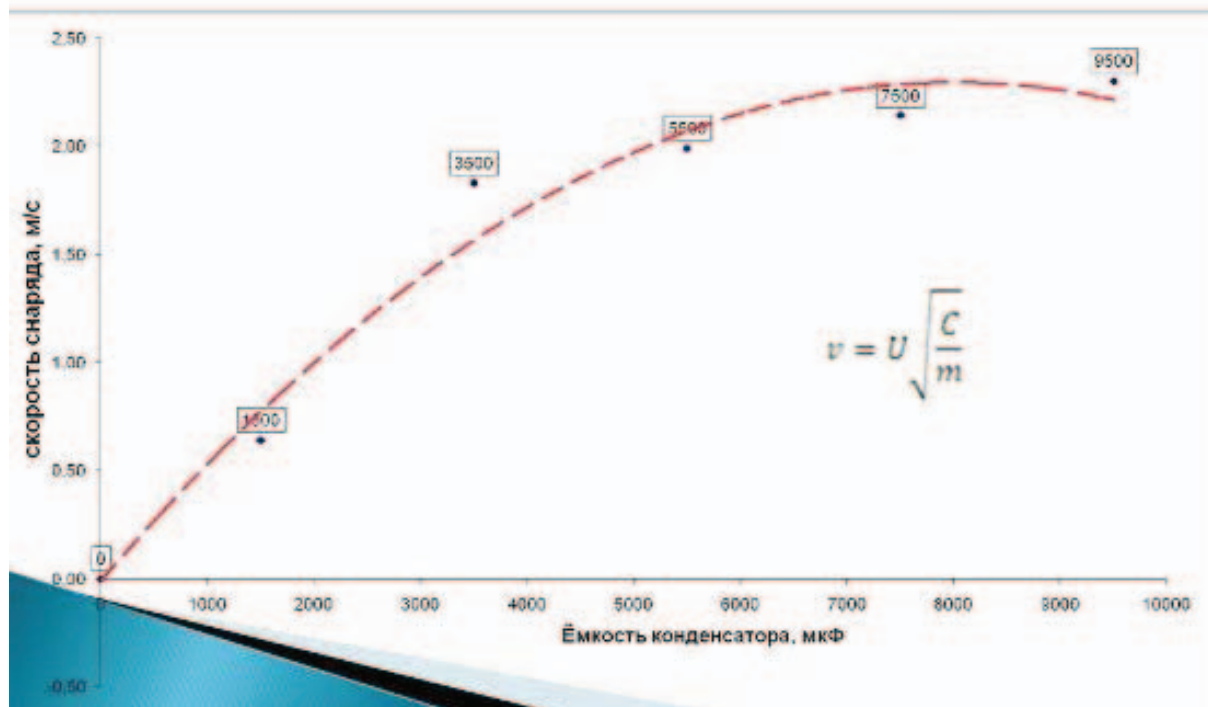


Гипотеза

Скорость вылета шарика из ствола пушки, а, следовательно, и его дальность полёта зависят от индуктивности катушки и ёмкости конденсатора.



График зависимости скорости вылета снаряда от ёмкости конденсатора

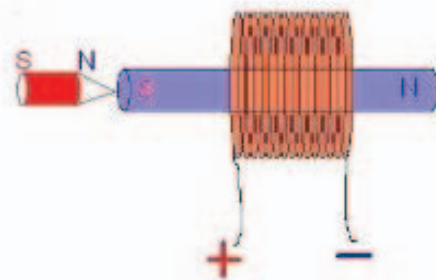
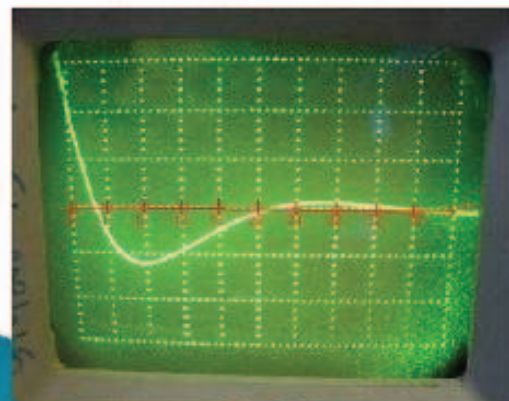


Эксперимент

3 Исследование электромагнитных колебаний в катушке

Когда шарик в начальный момент времени находится на середине катушки, то при разрядке конденсатора, его движение не наблюдается. Это свидетельствует о том, что оба конца катушки шарик отталкивают с одинаковой силой.

Для оптимизации работы пушки необходимо, чтобы действие магнитного поля катушки прекратилось в тот момент, когда снаряд проходит середину ствола.

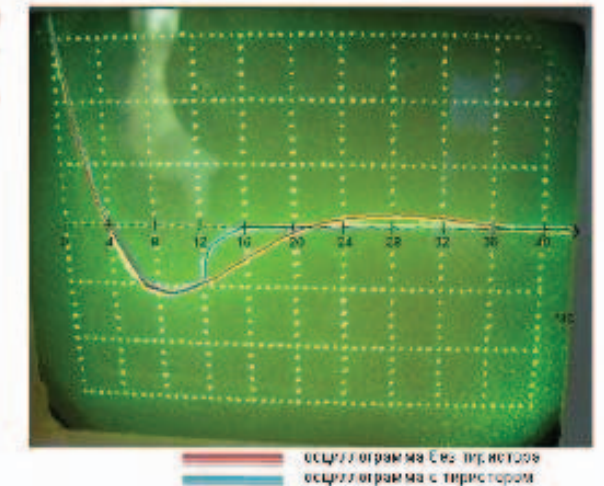


Эксперимент

3 Исследование электромагнитных колебаний в катушке

Для своевременного прерывания импульса тока в электрическую цепь был включён тиристор - ключ для управления временем разрядки конденсатора. При этом дальность полёта шарика увеличилась.

Время разгона снаряда до середины ствола составляет 12мс. А тиристор «обрезает» импульс через 13 мс.

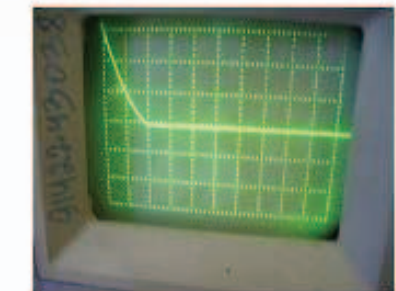


Эксперимент

3 Исследование электромагнитных колебаний в катушке

Для увеличения дальности полёта шарика, к катушке был подключён диод, который предотвратил перезарядку конденсатора. Однако дальность полёта шарика уменьшилась.

№ опыта	Дальность полёта без диода s, м	Дальность полёта с диодом s', м
1	0,78	0,74
2	0,82	0,75
3	0,77	0,75
4	0,79	0,76
5	0,81	0,72
Среднее значение	0,794	0,744



Это можно объяснить тем, что несмотря на перезарядку конденсатора, магнитное поле катушки по-прежнему разгоняет снаряд, так как он мгновенно (10^{-12} с) перематывается.

Электромагнитная пушка

Вывод:

- Скорость вылета снаряда возрастает с увеличением индуктивности катушки.
- Скорость вылета снаряда возрастает с увеличением ёмкости конденсатора, однако увеличение ёмкости увеличивает и время его разрядки. Поэтому для увеличения дальности полёта снаряда, катушка должна быть подсоединена к конденсатору через тиристор, иначе дальность полёта шарика нельзя считать максимальной.
- По графикам заметно, что увеличение индуктивности и ёмкости до бесконечности уже не ведет к значительному увеличению скорости, поэтому нужно использовать многокаскадный электромагнитный ускоритель.



- Максимальная скорость вылета шарика достигнутая в нашем эксперименте составила $2,3 \text{ м/с}$ при 50В и 16 м/с при 220В.
- Полученные нами результаты могут быть использованы при разработке подобных электромагнитных ускорителей.

Следующее исследование интересно тем, что во-первых: оно проведено на простейшем оборудовании, а во-вторых: в этой работе есть и обоснованная математическая модель изучаемого явления и экспериментальное исследование, которые хорошо согласованы друг с другом.

История ученического исследования

При подготовке к очередному Турниру юных физиков Павловой Евгении, ученице 10 класса, которая уже тогда интересовалась астрономией, сразу же приглянулась задача про движение канцелярских кнопок на поверхности воды. Не смотря на то, что команда на Турнир не поехала, Женя продолжила работу, в итоге которой родилось интересное исследование «Притяжение» кнопок, плавающих на поверхности воды, как модель гравитационного взаимодействия тел».

В 2011-2012 учебном году работа на Всероссийском конкурсе «Дорога к звёздам» (г.Санкт-Петербург) завоевала Диплом 2 степени в номинации «Каждый атом Вселенная, где сто планет». Диплом заверен подписью Президента ФЕДЕРАЦИИ КОСМОНАВТИКИ РОССИИ, Героя Советского Союза, Героя Российской Федерации лётчика-космонавта Сергея Константиновича КРИКАЛЁВА.

В 2012-2013 учебном году на Международной научной конференции «Сахаровские чтения» (г.Санкт-Петербург) Евгения была приглашена на очный тур и привезла диплом участника.

Проанализируйте аннотацию и полный текст исследования.

«Притяжение» кнопок, плавающих на поверхности воды, как модель гравитационного взаимодействия тел

Павлова Евгения Анатольевна ученица 11 «Г» класса лицея ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

Научные руководители: Сугакевич А. Г., Гусев С. В., Плетнёв А. Э., учителя физики лицея ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет»

АННОТАЦИЯ

Работа посвящена изучению «взаимодействия» кнопок, плавающих на поверхности воды. В работе описаны теоретические основы исследования, построена математическая модель, в которой одна пара кнопок вращается относительно общего центра масс по круговым орбитам, а вторая сближается по прямой. Проведено экспериментальное исследование, в результате которого сделан вывод о том, что «притяжение» кнопок в воде можно рассматривать в качестве модели гравитационного взаимодействия тел в искривленном двумерном пространстве, если массы кнопок и расстояния между ними малы.

ВВЕДЕНИЕ

Для осознанного понимания явлений и процессов природы очень часто человеком создаются модели. Явление гравитации является одним из фундаментальных и не до конца понятых явлений. Согласно ОТО гравитационное взаимодействие тел объясняется тем, что тела за счет своей массы искривляют окружающее пространство. Создание трехмерной модели искривленного пространства не представляется возможным, и мы предлагаем двухмерную модель искривленного пространства.

Многие знают, что металлические кнопки, плотность которых существенно превосходит плотность воды, способны, тем не менее, плавать на её поверхности. Это возможно благодаря действию сил поверхностного натяжения.

Однако мало кто обращал внимание, что кнопки, плавающие на достаточно близком расстоянии, устремляются друг к другу, словно между ними существует некая сила притяжения.

Объект исследования – кнопки, плавающие на поверхности жидкости.

Предмет исследования – характер движения кнопок, плавающих на поверхности жидкости.

Гипотеза: «взаимодействие» кнопок, плавающих на поверхности воды, может служить в качестве модели гравитационного взаимодействия тел в двухмерном пространстве.

Цель: доказать, что «сила взаимодействия» кнопок прямо пропорциональна их массе и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними, т.е. $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

Задачи:

- дать математическое описание наблюдаемого явления;
- экспериментально исследовать характер движения кнопок, плавающих на поверхности жидкости;
- проанализировать полученные результаты.

Методы исследования: наблюдение, эксперимент, анализ, синтез, аналогия.

Работа состоит из введения, трёх глав и заключения. В первой главе описаны теоретические основы исследования, во второй создана математическая модель рассматриваемого явления. В третьей главе описана экспериментальная установка и приведены полученные в ходе исследования результаты.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Наиболее характерным свойством жидкости, отличающим ее от газа, является то, что на границе с газом жидкость образует свободную поверхность, наличие которой приводит к возникновению явлений особого рода, называемых поверхностными [2].

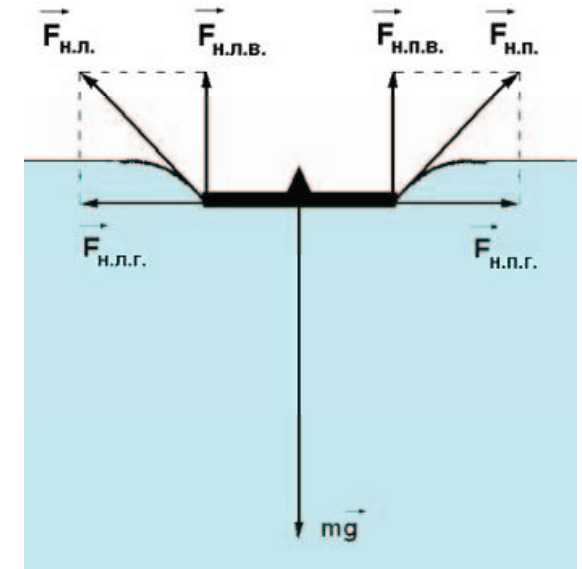
Поверхностный слой жидкости ведет себя подобно растянутой резиновой пленке, т.е. все время стремится сократить площадь своей поверхности до минимальных размеров. Явление поверхностного натяжения характеризуется коэффициентом поверхностного натяжения σ .

С энергетической точки зрения коэффициент поверхностного натяжения σ численно равен работе, которую необходимо совершить внешним силам для увеличения площади свободной поверхности жидкости на единицу площади.

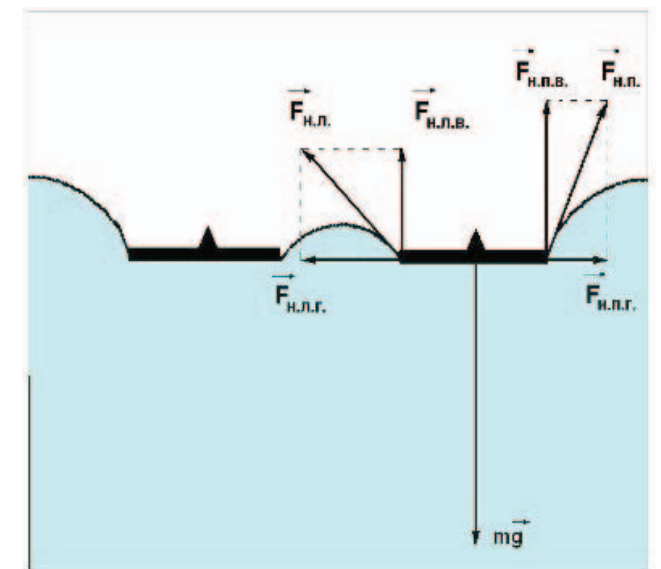
В динамическом аспекте коэффициент поверхностного натяжения σ численно равен силе поверхностного натяжения, действующей на единицу длины границы свободной поверхности жидкости.

Состояние устойчивого равновесия кнопки на поверхности воды объясняется следующим образом. Сила поверхностного натяжения лежит в плоскости, касательной к свободной поверхности жидкости.

Результирующая вертикальных составляющих силы поверхностного натяжения, действующих на отдельные элементы периметра кнопки, уравновешивает силу тяжести, действующую на неё. В данной ситуации горизонтальные составляющие силы поверхностного натяжения, действующие на диаметрально противоположные элементы периметра кнопки, компенсируют друг друга. Этим и объясняется её устойчивое состояние. Кнопка находится в состоянии покоя.



Совершенно иная картина наблюдается, если одна из кнопок оказывается на некотором расстоянии от другой кнопки. В этом случае возникающая свободная поверхность воды между кнопками стремится к «сокращению» (т.е. принять состояние с наименьшей потенциальной энергией поверхностного слоя жидкости). Это в свою очередь приводит к изменению ориентации силы поверхностного натяжения, действующей на отдельные элементы периметра кнопки. В связи с этим результирующая горизонтальных составляющих силы поверхностного натяжения, действующая на диаметрально противоположные элементы периметра кнопки, не равна нулю и направлена в сторону их сближения. Поэтому кнопки «устремляются» друг к другу.



2. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАБЛЮДАЕМОГО ЯВЛЕНИЯ

Согласно гипотезе исследования сила взаимодействия кнопок может быть рассчитана по формуле $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

Предложенная зависимость математически аналогична формуле закона всемирного тяготения $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ [1]. А это в свою очередь

означает, что для описания движения кнопок можно применить 3-й закон Кеплера, описывающий движение планет и других небесных тел, взаимодействие которых описывается законом всемирного тяготения.

В обобщенном виде 3-ий закон Кеплера [3] имеет вид:

$$\frac{(m_1 + m_2) T_1^2}{(m_3 + m_4) T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3},$$

где m_1 и m_2 – массы двух тел, движущихся относительно общего центра масс, T_1 – период обращения одного из этих тел вокруг общего центра масс, a_1 – его большая полуось, смысл величин m_3, m_4, T_2, a_2 аналогичен.

Пусть m_1 и m_2 – массы двух кнопок, вращающихся относительно общего центра масс по круговым орбитам, а m_3 и m_4 – массы кнопок сближающихся «по прямой», т.е. по вырожденному эллипсу.

С учетом того, что $m_1 = m_2 = m_3 = m_4$ получим

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3}$$

или

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \left(\frac{a_1}{a_2} \right)^3.$$

При движении по окружности эксцентриситет $e_1 = 0$, большая полуось a_1 равна радиусу окружности, по которой движется кнопка массой m_1 или m_2 .

При сближении кнопок «по прямой» $e_2 = 1$. Афелийное расстояние

$$Q_2 = a_2(1 + e) = 2a_2. \quad (1)$$

Но $Q_2 = a_1$, т.е. афелийное расстояние Q_2 совпадает с большой полуосью a_1 , с учетом этого равенство (1) примет вид $2a_2 = a_1$.

Таким образом

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = 2^3 = 8;$$

или

$$T_2^2 = \frac{T_1^2}{8} \Rightarrow T_2 = \frac{T_1}{2\sqrt{2}},$$

где T_2 – период обращения по вырожденному эллипсу.

Первая пара кнопок вращается относительно общего центра масс по круговым орбитам. Сила их взаимного «притяжения» сообщает каждой кнопке центростремительное ускорение. В соответствии со 2-ым законом Ньютона имеем: $F = m_2 a_{uc}$.

$$k \frac{m_1 m_2}{r_1^2} = m_2 \omega^2 r_2, \quad (2)$$

где r_1 – расстояние между кнопками, r_2 – расстояние до оси вращения.

Очевидно, что:

$$r_1 = 2a_1; \quad (3)$$

$$r_2 = a_1. \quad (4)$$

Подставим в (2) выражения (3) и (4) и, учтя, что $\omega = \frac{2\pi}{T}$, получим:

$$k \frac{m^2}{4a_1^2} = m \left(\frac{2\pi}{T_1} \right)^2 a_1,$$

или

$$T_1 = 4\pi \sqrt{\frac{a_1^3}{km}}.$$

Время сближения кнопок:

$$t = \frac{T_2}{2} = \frac{T_1}{4\sqrt{2}} = \frac{4\pi}{4\sqrt{2}} \sqrt{\frac{a_1^3}{km}} = \pi \sqrt{\frac{a_1^3}{2km}};$$

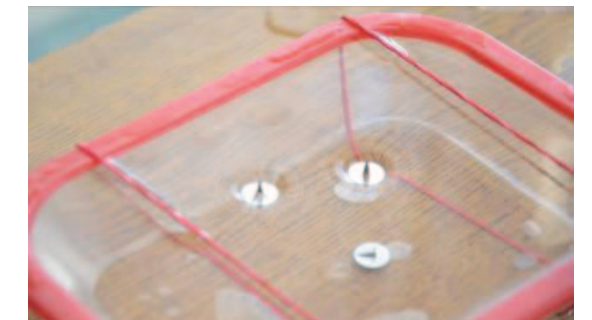
следовательно, искомый коэффициент пропорциональности может быть рассчитан по формуле:

$$k = \frac{\pi^2 a_1^3}{2mt^2}.$$

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

3.1 Экспериментальная установка

Экспериментальная установка представляла собой кювету, заполненную водой. Для того чтобы задать начальное расстояние между кнопками, мы использовали две резинки, расстояние между которыми измерялось миллиметровой линейкой. Процесс сближения кнопок снимался на скоростную видеокамеру. Для экспериментов использовались канцелярские кнопки. Масса кнопок определялась с помощью лабораторных весов с разновесами.



Для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости мы применили метод отрыва кольца от свободной поверхности, который основан на измерении силы F , прикладываемой для отрыва.

Поскольку зафиксировать показания динамометра в момент отрыва кольца от поверхности жидкости достаточно сложно, было решено использовать равноплечий рычаг, на одном плече которого крепилось кольцо, а с другой стороны легкая чаша, которая постепенно заполнялась грузами небольшой массы (куски бумаги).

В момент отрыва кольца от поверхности жидкости вес бумаги в чаше равен силе поверхностного натяжения $P = F_{нов}$.

Известно, что $F_{нов} = \sigma l$, где l – длина соприкасающихся поверхностей, т.е. сумма внутренней и внешней длины окружности кольца. Поскольку кольцо очень тонкое, то $l \approx 2\pi d$. Так как $P = mg$, то из соотношения

$$\sigma = \frac{mg}{2\pi d}.$$

можно рассчитать коэффициент поверхностного натяжения.



3.2 **Ход экспериментального исследования**

3.2.1 **Исследование зависимости силы «притяжения» кнопок от их массы и расстояния между ними**

Для определения массы одной кнопки мы измерили массу ста кнопок, а далее полученный результат поделили на их количество.

Таблица 1

M , кг	N	m , кг
0,0254	100	$2,54 \cdot 10^{-4}$

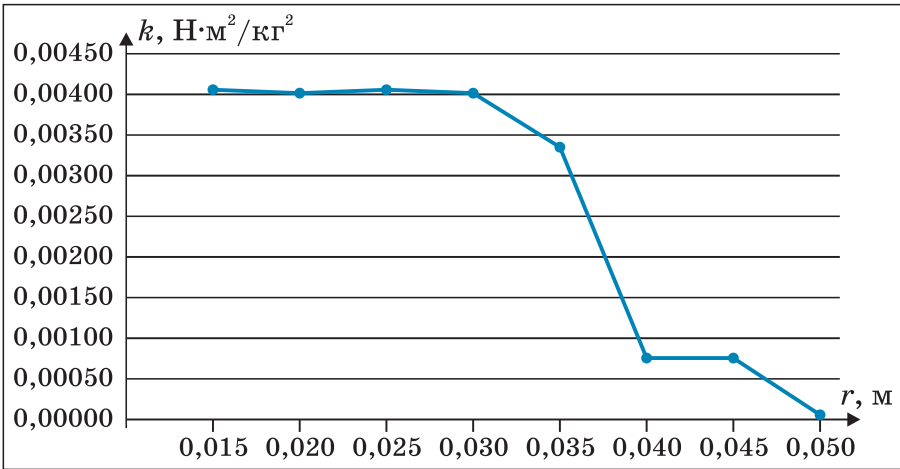
Масса одной кнопки $m = \frac{M}{N}$, где M – масса всех кнопок, N – количество кнопок.

Для измерения времени сближения кнопок, кнопки раздвигались на заданное расстояние и отпускались. Каждый опыт повторялся десять раз. Результаты измерений занесены в таблицу 2.

Таблица 2

r , м	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,045	0,05
$\langle t \rangle$, с	4,0	6,2	8,6	11,4	15,8	49	140,8
k , мН·м ² /кг ²	4,10	4,05	4,11	4,04	3,34	0,74	0,12

По результатам опытов мы рассчитали среднее время сближения кнопок для каждого из выбранных расстояний и коэффициент пропорциональности в формуле $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$.



По результатам эксперимента мы построили график зависимости $k = f(r)$. Из графика видно, что значение коэффициента пропорциональности, полученное экспериментально для кнопок, находящихся на расстоянии от пятнадцати до тридцати миллиметров близко. Для больших расстояний значение коэффициента k резко изменяется. По нашему мнению, это связано с тем, что при проведении экспериментов, в которых кнопки располагались на больших расстояниях, на результаты оказывали существенное влияние случайные факторы (например, случайное дуновение ветра). В связи с этим, для получения экспериментального значения k мы использовали данные первых четырех опытов.

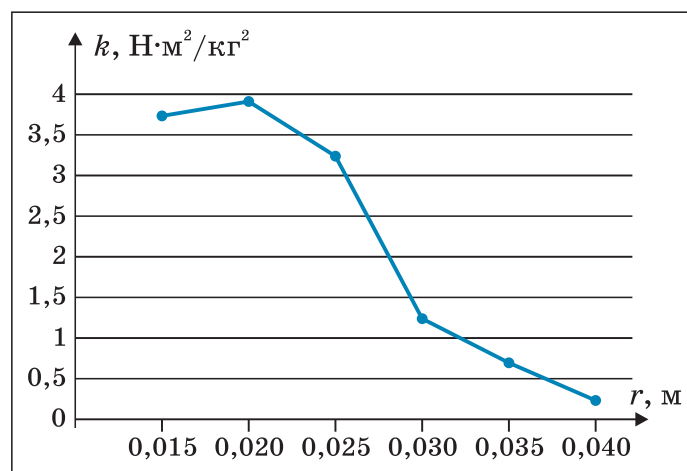
Оказалось, что $k = (4,08 \pm 0,05) \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ при относительной погрешности $\delta = 2\%$. Поскольку значение относительной погрешности оказалось невелико, то можно сделать вывод о том, что сила «взаимодействия» кнопок, плавающих на поверхности воды при достаточно малых расстояниях между ними, действительно обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Для увеличения массы кнопок мы раскатали кусок пластилина в трубочку, разрезали ее на одинаковые по длине части и накололи их на кнопки. Таким образом мы увеличили массу каждой кнопки до 0,304 г. Повторив описанный ранее опыт, мы получили результаты, приведенные в таблице 3.

Таблица 3

r , м	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,045
$\langle t \rangle$, с	3,8	5,8	8,8	16,6	32,0	62,4
k , мН·м ² /кг ²	3,79	3,86	3,28	1,27	0,68	0,27

По результатам опытов мы вновь рассчитали среднее время сближения кнопок для каждого из выбранных расстояний и коэффициент пропорциональности в формуле $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$.



По результатам эксперимента мы построили график зависимости $k = f(r)$. Из графика видно, что значение коэффициента пропорциональности, полученное экспериментально для кнопок, находящихся на расстоянии от пятнадцати до двадцати пяти миллиметров, близко. Для больших расстояний значение коэффициента k резко изменяется.

При малых расстояниях между кнопками получили, что $k = (3,6 \pm 0,3) \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$ при относительной погрешности $\delta = 8\%$.

С учетом погрешности значения коэффициента k , полученные в двух опытах, близки.

Таким образом, экспериментально мы проверили, что при достаточно малых расстояниях между кнопками сила их «взаимодействия» хорошо описывается формулой $F = k \frac{m_1 m_2}{r^2}$.

3.2.2 Исследование зависимости коэффициента k от коэффициента поверхностного натяжения жидкости

В ходе этой серии экспериментов мы попытались определить вид экспериментальной зависимости коэффициента k от коэффициента поверхностного натяжения жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения воды мы меняли, добавляя в нее концентрированный сахарный сироп.

В ходе этой серии экспериментов мы располагали кнопки на расстоянии 2 см друг от друга.

Результаты, полученные нами сведены в в таблице 4.

$\langle \sigma \rangle$, мН/м	65	72	76	79
k , мН·м ² /кг ²	4,05	3,66	3,38	3,16
$\lg \sigma / \lg k$	0,50	0,47	0,45	0,44

Таблица 4

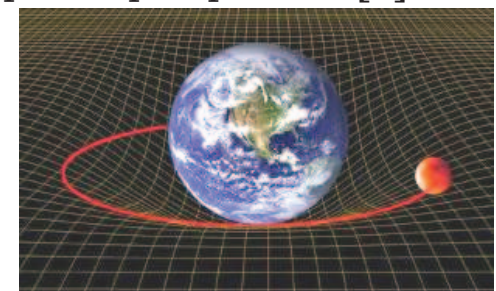
Предположив, что зависимость $k = f(\sigma)$ имеет вид $k^m = \sigma^n$, мы получили, что $\frac{m}{n} = \frac{\lg \sigma}{\lg k}$. Согласно данным эксперимента, можно предположить, что зависимость $k = f(\sigma)$ имеет вид $k = \sqrt{\sigma}$.

В тоже время нам не удалось оценить погрешность полученных результатов. Таким образом, полученные в данной серии экспериментов результаты подлежат дальнейшей проверке.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы было проведено теоретическое исследование, дано математическое описание наблюдаемого явления. В ходе эксперимента исследован характер движения кнопок, плавающих на поверхности жидкости, и проанализирован полученный результат.

Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о том, что «взаимодействующие» в воде кнопки действительно можно рассматривать в качестве модели гравитационного взаимодействия тел в искривленном массой этих тел двумерном пространстве [4].



Кроме того, планируется продолжить изучение «притяжения» кнопок в плавающих на поверхности жидкостей с различными коэффициентами поверхностного натяжения. Таким образом, планируется уточнить характер зависимости коэффициента k от коэффициента поверхностного натяжения жидкости.

И, наконец, планируется создание установки для изучения «отталкивания» кнопок, находящихся на поверхности смачивающей жидкости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Галузо, И. В. *Астрономия: учеб. пособие для 11-го кл. общеобразоват. учреждений с рус. яз. обучения* / И. В. Галузо, В. А. Голубев, А. А. Шимбалева. – 2-е изд., пересмотр. – Минск: Нар. асвета, 2009. – 214 с.
2. Исаченкова, Л. А. *Физика: учеб. пособие для 9-го кл. общеобразоват. шк. с рус. яз. обучения* / Л. А. Исаченкова, И. И. Жолнерович, И. Н. Медведь. – Минск.: Нар. асвета, 2000. – 214 с.

3. Физика: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений, обеспечивающих получение общ. и сред. образования, с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, А. В. Лавриненко, Л. Г. Маркович. – 2-е изд. – Минск.: Нар. асвета, 2004. – 382 с.

4. Брагинский, В. Б. Удивительная гравитация (или как измеряют кривизну мира) / В. Б. Брагинский, А. Г. Полнарев. – Москва: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 160 с. — (Библиотечка «Квант». Вып. 39.).

Как вы уже успели заметить, исследовательские работы даже по одному предмету существенно отличаются друг от друга. Предлагая вашему вниманию следующий пример, мы хотим показать, что исследование и небольшое усовершенствование классического устройства может принести весомые результаты.

Научно-исследовательская работа «Капельница Кельвина как альтернативный источник энергии» была отмечена высокими наградами на нескольких престижных Международных конкурсах:

- Диплом Международного конкурса научно-исследовательских работ старшеклассников «Ученые будущего» (г. Москва, МГУ, Intel).
- Диплом Балтийского научно-инженерного конкурса (г. Санкт-Петербург, СпГУ, Intel).
- Специальный диплом Международной научной конференции учащихся «Сахаровские чтения» (г. Санкт Петербург).
- Дипломы Лауреатов ХІІХ юношеских чтений В. И. Вернадского (г. Москва).

Кроме того авторы работы за активное участие в исследовательской деятельности за два года учебы в лицее удостоены стипендий и премий различного уровня.

Присмакин Никита	Букато Кирилл
• стипендия городского исполнительного комитета; • премия областного исполнительного комитета.	• стипендия Международного Алферовского фонда; • лауреат Международного конкурса «Созвездие талантов»; • обладатель премии им. С.И. Вавилова (РАН)

Капельница Кельвина как альтернативный источник энергии

АННОТАЦИЯ К РАБОТЕ

Название представляемой работы:
Капельница Кельвина как альтернативный источник энергии
Краткое описание:

Капельница Кельвина является генератором электростатического напряжения. Данное устройство преобразует потенциальную энергию падающих капель воды в электрическую.

Основные характеристики

В результате исследования была собрана действующая модель Капельницы Кельвина, установлены факторы, влияющие на вырабатываемую разность потенциалов. После усовершенствования установки достигнуто максимальное напряжение 1600 В. Усовершенствованная установка доказала возможность преобразования статического заряда накапливаемого капельницей в переменный электрический ток, что, в свою очередь, позволяет использовать Капельницу Кельвина для практических нужд.

Техническая и научная новизна:

Устройство Капельницы Кельвина было известно ещё в XVIII веке, но никто с тех пор не использовал Капельницу Кельвина как альтернативный источник энергии. Поскольку на нашей планете стремительно иссякают топливные ресурсы, и изучению альтернативных источников энергии в наше время придается огромное значение, считаем наше исследование достаточно актуальным.

Название секции:
Энергетика и электротехника.

Ф.И.О. автора:
Букато Кирилл Сергеевич, Присмакин Никита Михайлович.

Текст работы ВВЕДЕНИЕ

В 1786 г. у водопадов Швейцарии было замечено, что в природных условиях происходит электризация жидкости вследствие её дробления на капли. Этот эффект наиболее чётко просматривается на самых больших водопадах Мира. Так у водопада Виктория (высота 133 м, а ширина потока 1600 м), напряжённость поля, возникающего вследствие дробления капель, достигает 25 кВ/м [1].

Капельница Кельвина является генератором электрической энергии. Несмотря на то, что это устройство было известно еще в XIX веке, как альтернативный источник электрической энергии оно серьезно не рассматривалось.

Поскольку на нашей планете стремительно иссякают топливные ресурсы, и изучению альтернативных источников энергии в наше время придается огромное значение, считаем наше исследование на тему «Капельница Кельвина как альтернативный источник энергии» достаточно актуальным.

Объект исследования: капельница Кельвина.

Предмет исследования: возможность преобразования статического электричества в электрический ток.

Предварительно была выдвинута гипотеза: «Капельницу Кельвина можно использовать как альтернативный источник энергии».

В связи с этим была поставлена **цель:** исследовать возможность преобразования статического заряда, полученного с помощью Капельницы Кельвина, в электрический ток.

Для достижения цели были поставлены следующие **задачи:**

1. Изучить теоретические аспекты работы Капельницы Кельвина.
2. Собрать экспериментальную установку.
3. Измерить создаваемую разность потенциалов.
4. Исследовать, от чего зависит создаваемая разность потенциалов, и максимизировать её значение.
5. Усовершенствовать устройство Капельницы Кельвина для преобразования статического заряда в электрический ток.

Методы исследования: наблюдение, эксперимент, анализ.

Работа состоит из трёх глав. В первой главе описывается принцип работы устройства. Во второй главе описываются теоретические основы эксперимента. Третья глава включает в себя описание самого эксперимента.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

Капельница Кельвина представляет собой две пары жестяных банок. В каждой паре банки расположены одна над другой и соединены проводниками крест-накрест. Над верхними банками расположен резервуар с трубками, из которых капли воды могут проходить сквозь верхние банки и собираться в нижних. Когда вода начинает капать, одна из банок имеет чуть больший отрицательный заряд, чем другие. Допустим, что больший положительный заряд имеет нижняя левая банка. Тогда, поскольку банки крест-накрест соединены

между собой проводниками, верхняя правая банка будет также иметь больший положительный заряд, чем верхняя левая банка (рис. 1).

Благодаря явлению электростатической индукции, правая струя воды, проходя через правую банку, заряжается. Если капли образуются именно на уровне этой банки, то они заряжаются отрицательно, так как положительный заряд отталкивается от положительно заряженной банкой вверх по струе. Далее эти капли воды падают в нижнюю правую банку, и её отрицательный заряд возрастает.

Аналогичным образом возрастает и положительный заряд левой нижней банки. Таким образом, разность потенциалов между банками растёт [4].

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Явление электризации через влияние в проводниках с точки зрения электронной теории легко объясняется существованием в них свободных электронов. При поднесении к проводнику положительного заряда электроны к нему притягиваются и накапливаются на ближайшем конце проводника. На нем оказывается некоторое число «избыточных» электронов, и эта часть проводника заряжается отрицательно. На удаленном конце образуется недостаток электронов и, следовательно, избыток положительных ионов: здесь появляется положительный заряд. Накопленные таким образом заряды называются индуцированными.

Любой диэлектрик, как и проводник, электризуется при внесении его во внешнее электрическое поле. Вследствие того что заряды в атомах и молекулах связаны силами притяжения во много раз большими, чем силы, действующие на эти же заряды во внешнем поле, они могут только немного сместиться под действием поля на расстояние порядка самого атома. На поверхности диэлектрика возникают заряды, которые называют поляризационными или связанными.

Статическое электричество – совокупность явлений, связанных с возникновением, сохранением и релаксацией свободного электрического заряда на поверхности или в объеме диэлектриков или на изолированных проводниках.

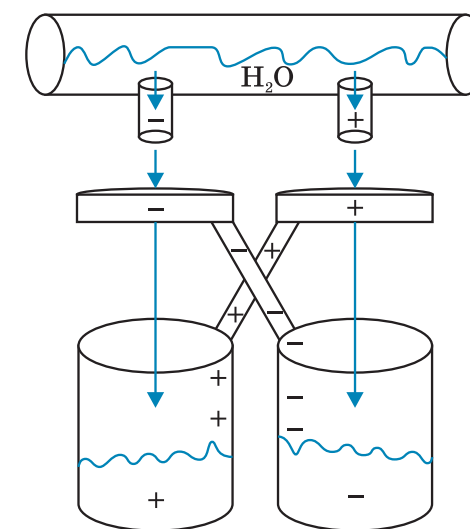


Рис. 1. Принципиальная схема Капельницы Кельвина

Обычно носители зарядов обеих полярностей распределены в материале равномерно, поэтому он электрически нейтрален. Разрушение этого нейтрального состояния и локальное накопление частиц одной полярности приведет к тому, что тело станет заряженным. Статическое электричество определяется как явление, вызываемое электрическим зарядом в состоянии покоя [3].

Следует отметить, что практическую значимость представляет не статическое электричество, а электрический ток.

Переменный ток можно получить с помощью колебательного контура. Конденсатор, содержащийся в колебательном контуре, обладая определённым запасом энергии, может её возвращать в электрическую цепь, содержащую потребитель. Для того чтобы электромагнитные колебания в контуре являлись незатухающими, необходимо, чтобы он резонировал с внешним источником энергии [2].

3. ЭКСПЕРИМЕНТ

3.1. Экспериментальная установка

Для создания экспериментальной установки были использованы лабораторные штативы, банки от кофе, пластиковая бутылка, в качестве изолятора использовался скотч (рис. 2). Попытки использования мультиметра для измерения полученной разности потенциалов не принесли успеха, т.к. прибор не предназначен для измерения статического напряжения.

В дальнейшем был использован запоминающий осциллограф С8-17 с делителем 1:200. При использовании делителя максимально допустимое напряжение для осциллографа составляет 7000 В. При этом также повышается входное сопротивление с 1 МОм до 10 МОм. Влияние прибора на исследуемую цепь уменьшается. Максимальное полученное напря-

жение 800 В. Если проводить измерение по окончании подачи воды, осциллограмма имеет вид, указанный на рисунке 3.

Если измерять разность потенциалов во время работы капельницы, осциллограмма имеет вид, представленный на рисунке 4. Причина ступенчатой разрядки системы – периодическое увеличение ее заряда новыми каплями, попавшими в банки.



Рис. 2. Экспериментальная установка №1

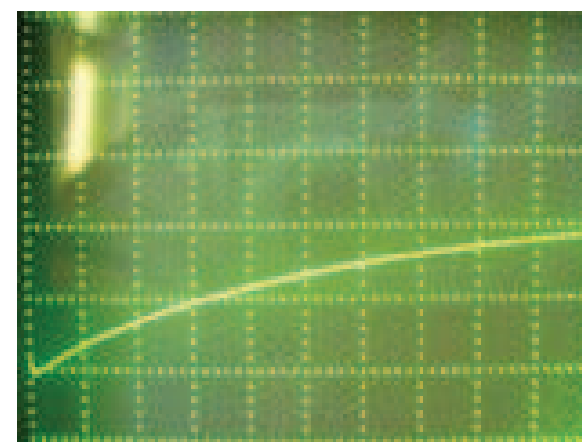


Рис. 3. Общий разряд системы

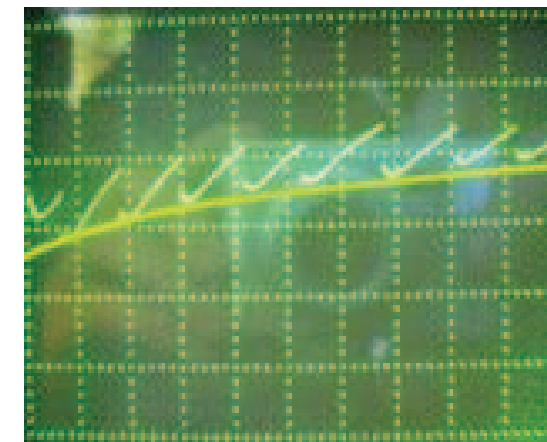


Рис. 4. Разряд системы во время работы установки

Также в ходе эксперимента было замечено, что не все капельки попадают в нижнюю одноименную банку, а летят в разные стороны. Это обусловлено попаданием капельки в поле нижней банки. Таким образом, поле нижней банки отклоняет капельки от вертикальной траектории движения.

Однако установка имела некоторые недостатки: банки имели заостренные края, из-за чего происходила утечка накопленного заряда; некачественная изоляция штативов, что также приводило к утечке заряда. Данные недостатки были устранены при усовершенствовании установки.

3.2. Усовершенствование установки



Рис. 5. Металлическая трубка

1. Верхние банки заменены на полированные равные куски металлической трубы, закрепленные на пенопластовых держателях-изоляторах, а нижние банки установлены на поддон из пенопласта (рис. 5).

2. Подающий резервуар закреплен в такой позиции, в которой струи разрывались на капли точно в пространстве верхних отрезков трубок.

3. Был сконструирован собственный делитель 1:75 с входным сопротивлением 76 МОм, благодаря которому осциллограф оказывает еще меньшее воздействие на систему (рис. 6).

Общий вид усовершенствованной установки показан на рисунке 7.



Рис. 6. Делитель



Рис. 7. Экспериментальная установка №2

В ходе нашего эксперимента мы не изменяли скорость подачи воды. Это было сделано для того, чтобы струя воды в ходе всех экспериментов разрывалась в одном месте. Если же мы будем менять диаметр подающих патрубков (что будет влиять на диаметр капель), место разрыва струи будет изменяться или оно будет отсутствовать, что приведет к неработоспособности установки.

3.3. Полученные результаты

Во время работы установки наблюдалось дробление капель на более мелкие, что свидетельствовало о наличии сильного электрического поля.

С целью выяснения зависимости создаваемой установкой разности потенциалов от времени её работы была проведена серия опытов. На каждом из 10 временных отрезков 5 раз подряд проводилось измерение разности потенциалов в Капельнице Кельвина (при неизменных прочих условиях).

Построив график зависимости $U(t)$ (рис. 8), заметили, что существует некий «пик» получаемой разности потенциалов в районе 60-67 с. Уменьшение напряжения вырабатываемого капельницей после «пики», вероятно, обуславливается стеканием заряда с установки в воздух (ионизация воздуха).

Затем, взяв за эталон времени «пик» в 60 с, изменяли расстояние между верхними трубками и нижними банками. Взяли 10 разных расстояний, на каждом расстоянии эксперимент проводился 5 раз. По средним значениям разности потенциалов построили график зависимости $U(L)$ (рис. 9), заметили, что также существует «пик» полученной разности потенциалов в районе 70 мм.

Данную закономерность можно объяснить следующим: при уменьшении расстояния между верхними трубками и нижними банками происходит утечка заряда между ними, а при увеличении расстояния капля отдаёт свой заряд в воздух.

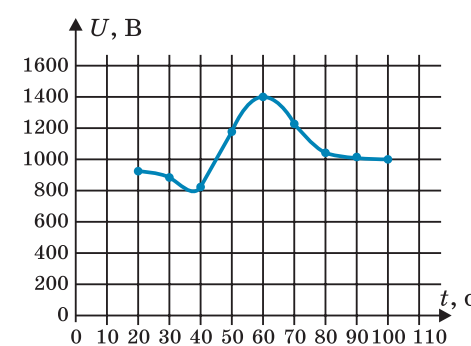


Рис. 8. Зависимость напряжения от времени

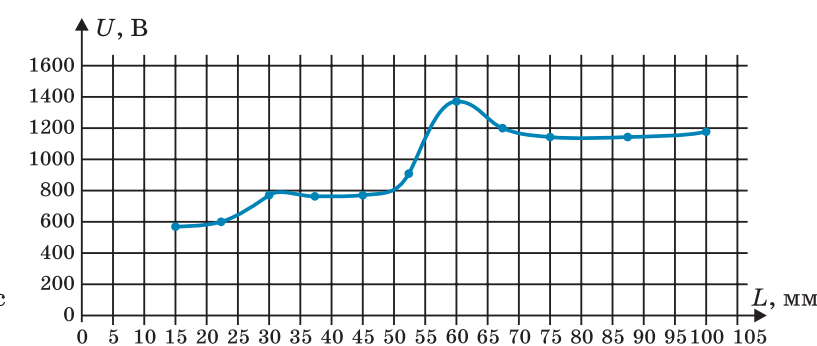


Рис. 9. Зависимость напряжения от расстояния

Учет вышеуказанных факторов позволил добиться максимальной разности потенциалов 1600 В.

3.4. Преобразование статического заряда в переменный ток

Использование в совокупности с Капельницей Кельвина колебательного контура и разрядника (рис. 10) позволило слегка сгладить импульсный сигнал, придав ему форму, близкую к синусоидальной. Таким образом, мы преобразовали статический заряд, накопленный в капельнице, в переменный ток.

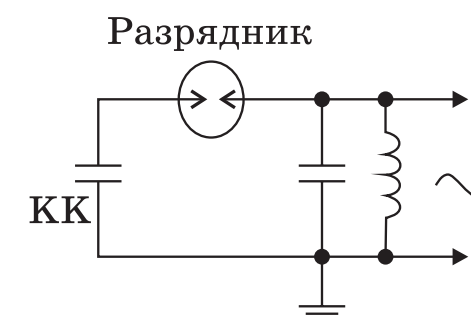


Рис. 10. Принципиальная схема установки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования была собрана действующая модель Капельницы Кельвина и установлено, что на вырабатываемую ею разность потенциалов влияют место разрыва струи на капли, качество обработки поверхностей, диаметр верхних банок, расстояние между нижними и верхними банками, время работы установки.

Достигнуто максимальное напряжение 1600 В.

Усовершенствованная установка доказала возможность преобразования статического заряда, накапливаемого капельницей, в переменный электрический ток, что, в свою очередь, позволяет использовать Капельницу Кельвина для практических нужд.

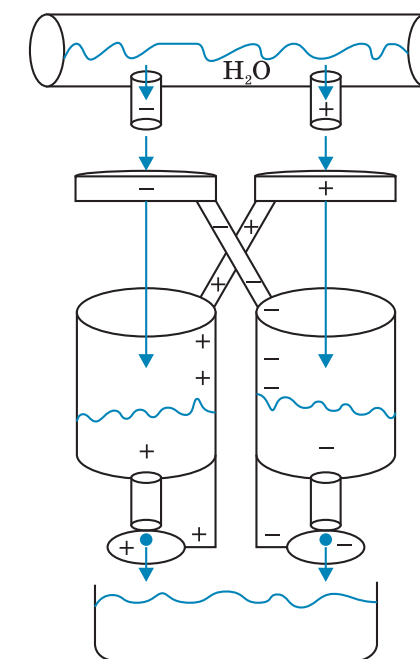


Рис. 11. Схема новой установки

В перспективе планируется создать модель капельницы Кельвина, которая бы позволила наглядно продемонстрировать ее работу (например, питать лампу накаливания или газоразрядную лампу); осуществить удаление воды из нижних емкостей (рис. 11) без утечки имеющегося на них заряда, что в свою очередь, по нашему мнению, должно обеспечить повышение разности потенциалов и возможность использования энергии устройства длительное время.

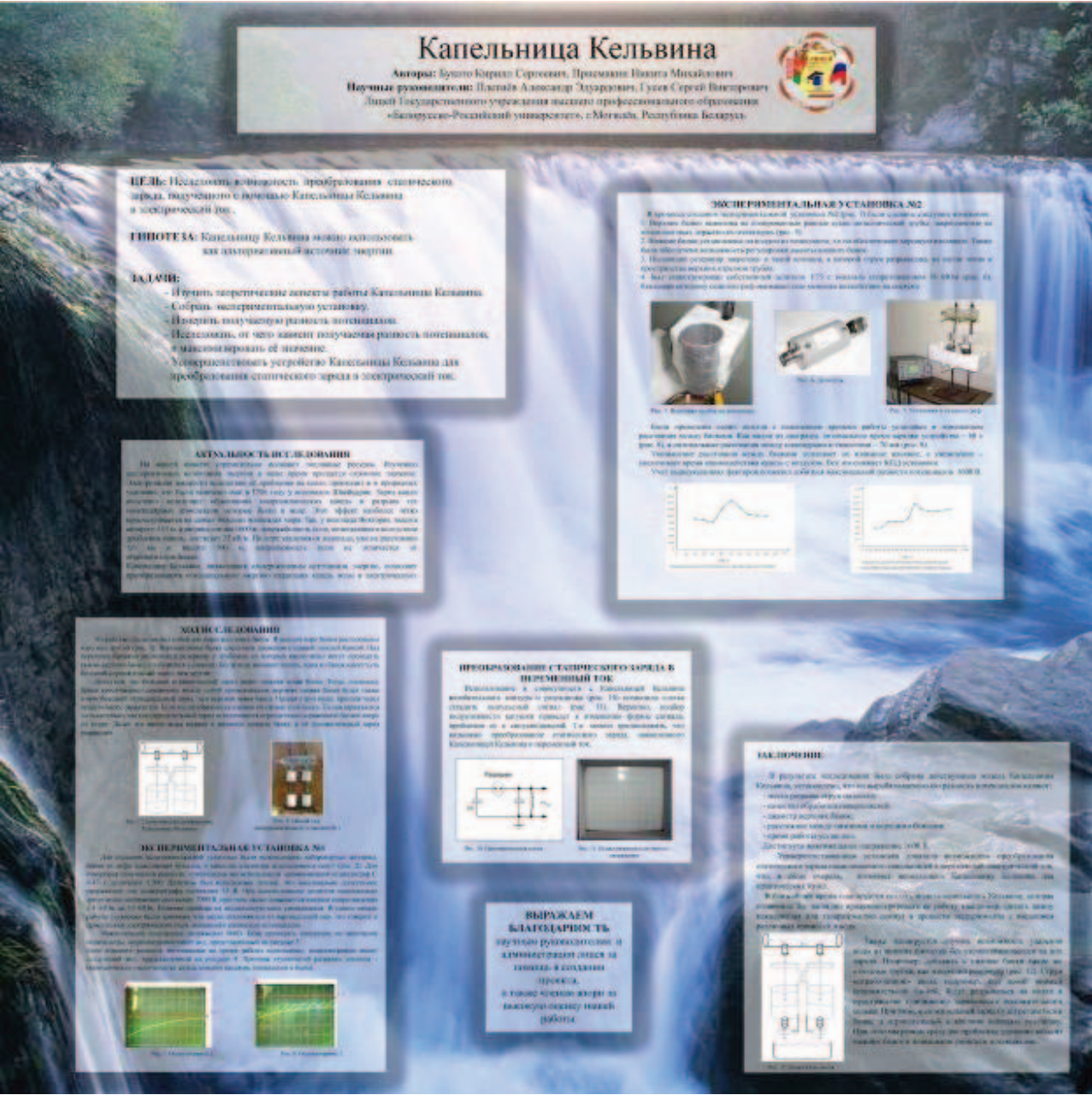
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новожилов, Ю. Н. Капельница Кельвина / Ю. Н. Новожилов // Новая Энергетика. – Санкт-Петербург, 2004. – № 4 (18). – С. 37.

2. Физика: учеб. пособие для 11-го кл. учреждений, обеспечивающих получение общ. сред. образования, с рус. яз. обучения / В. В. Жилко, А. В. Лавриненко, Л. Г. Маркович. – 2-е изд. – Минск: Нар. Асвета, 2004. – 382 с.

3. Селезнев, Ю. А. Основы элементарной физики. Учебное пособие / Ю. А. Селезнев. – Москва: Издательство «Наука», Главная редакция физико-математической литературы, 1974 г. – 544 с.

4. Википедия. Капельница Кельвина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Капельница_Кельвина. – Дата доступа: 24.06.2013.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дорогие читатели, на страницах этой книги вы познакомились с основами исследовательской деятельности, ознакомились с примерами ученических исследований.

Согласитесь, что структура всех работ очень похожа. Свою исследовательскую деятельность вы можете начинать и с более простых задач, в выборе которых вам помогут ваши учителя.

Желаем вам удачи на исследовательском поприще. До встречи на конкурсах и конференциях.

Свое мнение о книге и её авторах, а также вопросы, возникающие в процессе исследований, присылайте по адресу ufclub@list.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. ВАК Беларуси. Инструкция по оформлению диссертации, автореферата и публикаций по теме диссертации [Электронный ресурс]. – Минск, 2013. – Режим доступа: <http://www.vak.org.by>. – Дата доступа: 24.06.2013.

2. Всероссийский конкурс «Ученые будущего» [Электронный ресурс] – Москва, 2013. – Режим доступа: <http://www.intel.festival-nauki.ru>. – Дата доступа: 12.04.2013.

3. Всероссийский открытый конкурс юношеских исследовательских работ имени В. И. Вернадского [Электронный ресурс] – Москва, 2013. – Режим доступа: <http://vernadsky.info>. – Дата доступа: 24.06.2013.

4. Запрудский, Н. И. Современные школьные технологии – 2 / Н. И. Запрудский – Минск, 2010. – 256 с. – (Мастерская учителя).

5. Кембровский, Г. С. Приближенные вычисления, методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в физике: Метод, пособие для учителей физики сред. учеб. заведений – 2-е изд., дораб. / Г. С. Кембровский – Минск: Оракул, 1997. – 207 с.

6. Научно-практическая конференция «Первые шаги в науку». Архив [Электронный ресурс]. – Брянск, 2012. – Режим доступа: <http://edu.ria-link.ru/site/site/index.php?s=7&k=2>. – Дата доступа: 24.06.2013.

7. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. пед. вузов и системы повыш. квалиф. пед. кадров / Е. С. Полат [и др.]; под ред. Е. С. Полат. – Москва: Издательский центр «Академия», 2001.

8. Российская научная конференция школьников «Открытие» [Электронный ресурс] – Ярославль, 2013. – Режим доступа: <http://otkrytie.edu.yar.ru/discover/polog.htm>. – Дата доступа: 12.04.2013.

9. Слободянюк, А. И. Исследовательская деятельность учащихся по физике / А. И. Слободянюк, Л. Е. Осипенко, Т. С. Пролиско. – Минск: Красико-Принт, 2008. – 144 с.

10. Сугакевич, А. Г. Опыт применения компьютерных технологий для организации самостоятельной познавательной деятельности учащихся / А. Г. Сугакевич//Фізика: праблемывыкладання. – № 4. – Минск., 2007.

11. Фестиваль исследовательских и творческих работ учащихся «Портфолио ученика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portfolio.1september.ru>.

СОДЕРЖАНИЕ

ОТ АВТОРОВ.....

ОБ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....

ГЛАВА 1. Выбор темы исследования

ГЛАВА 2. Структура исследования.....

ГЛАВА 3. Подготовка работ к представлению на конкурсах
и конференциях.....

ГЛАВА 4. Подготовка электронной презентации и стенда.....

ГЛАВА 5. Примеры исследовательских работ учащихся.....

ЛИТЕРАТУРА