

**Тезисы научных работ
Победителей Всероссийского конкурса научных работ школьников Юниор
По физике (учащихся 11-го класса)
2013 год**

Об одной реализации оптоtherмоакустического эффекта

Балыбин Степан

Класс: 11

Научный руководитель: Дмитриев Константин Вячеславович, к.ф.-м.н. ; Сергеев Сергей Николаевич, к.ф.-м.н., заместитель директора по научной работе СУНЦ МГУ.

В работе был поставлен эксперимент и создана теория оригинального оптоtherмоакустического эффекта, состоящего в следующем. Половина внутренней поверхности стеклянной банки (полуцилиндр) покрывалась слоем копоти. Освещение этой банки лампой накаливания переменного тока приводит к появлению отчётливого звука.

Целью работы было разобраться в природе данного явления, построить теоретическую модель и сравнить её с результатами эксперимента.

В ходе работы было проведено сравнение звучания банки от двух различных источников света. От источника постоянного света (лампа накаливания/лампа проектора) и от импульсного источника (вспышка фотоаппарата). Сравнение частотных анализов звука показало, что звуковые частоты определяются конкретной банкой и не зависят от источника света.

Экспериментальная часть состояла в записи и изучении звукового сигнала. Частотный анализ показал, что каждая банка испускает звук на двух «основных» частотах и набор их гармоник. Разработанная теория показала, что одна из этих частот возникает из-за продольных колебаний воздуха в банке, другая частота возникает из-за радиальных колебаний воздуха в банке.

Это явление в общем случае носит название оптоtherмоакустического эффекта. Сажа, благодаря большой площади, малой массе и большому коэффициенту поглощения света быстро нагревается и остывает, передавая своё тепло воздуху и стеклу. Таким образом, сажа возбуждает колебания воздуха при тепловом расширении.

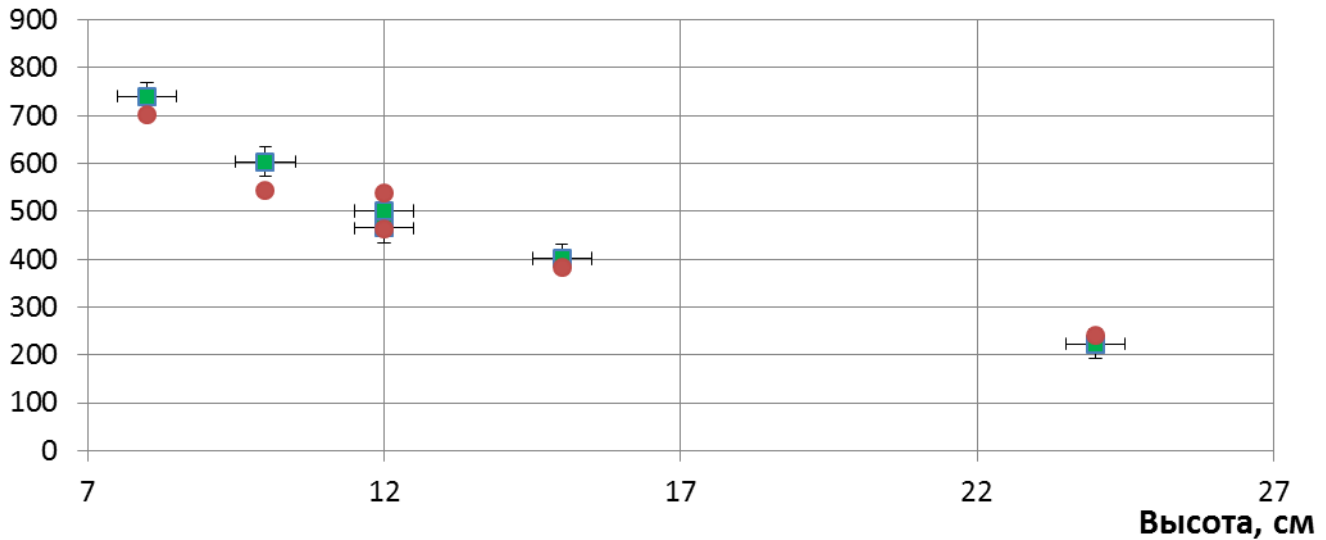
Были исследованы как непрерывные источники света (лампа накаливания), так и импульсные (вспышка фотоаппарата). В первом случае возникает звук с частотой, равной удвоенной частоте в сети переменного тока. Во втором случае возбуждаются затухающие колебания.

В данной работе были рассмотрены банки различных высот и радиусов. Экспериментальная зависимость частоты продольной звуковой волны от высоты и радиуса согласовалась с теоретической.

Частота, Гц

■ Эксперимент

● Теория



$$\nu_1 = \frac{c}{4h_{\text{эфф}}}, \text{ где } h_{\text{эфф}} = h + 1.5r$$

Тем самым было подтверждено предположение о том, что первая частота возникает из-за продольных возмущений.

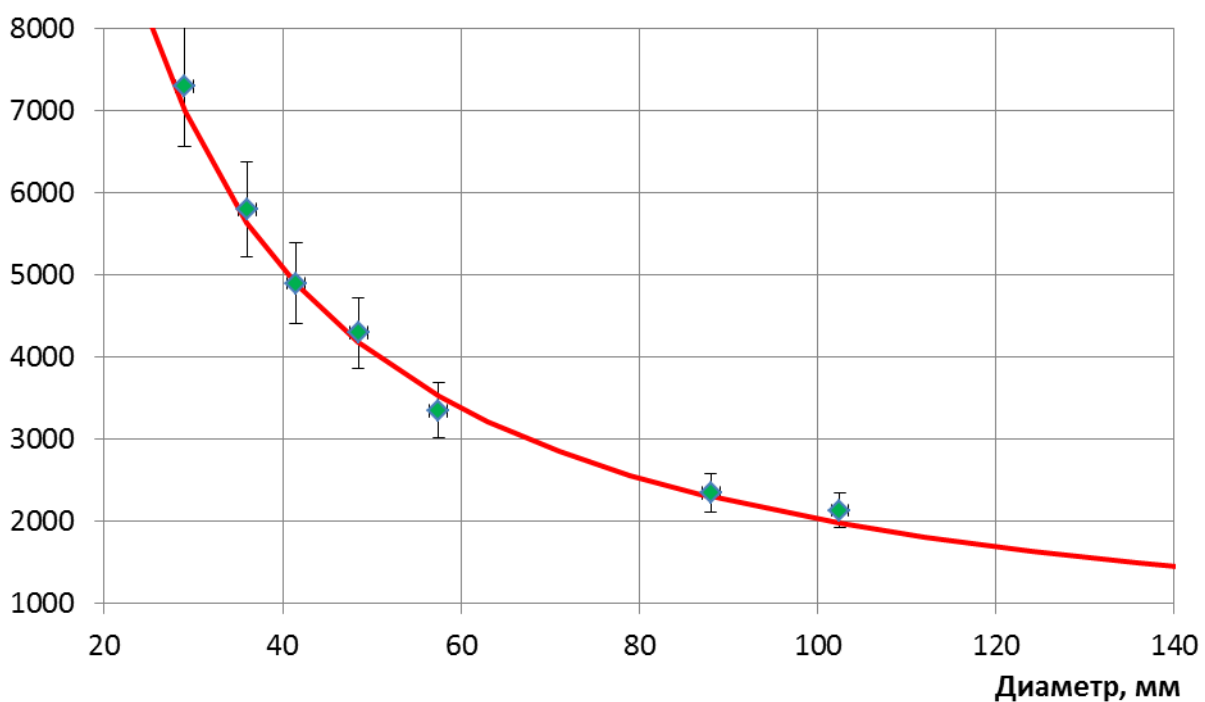
Так же была получены теоретические значения частоты радиальных колебаний воздуха от диаметра банки путём решения волнового уравнения с заданными граничными условиями: $\nu_1 = \frac{c}{2\pi r} X$, где X – коэффициент, определяющий определенную гармонику.

Полученные экспериментальные данные согласуются с теоретическим предсказанием. Ниже приведен график зависимости частоты радиальной волны от диаметра банки.

Частота, Гц

◆ Эксперимент

— Теория



Также было замечено, что при закрывании банки крышкой, в которой проделано круглое отверстие, первая частота меняется пропорционально его радиусу. Вторая же частота не зависит от диаметра отверстия.

ВЛИЯНИЕ КРЕМНИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МАТЕРИАЛОВ С ВОДОЙ

И.А. Евсеев, С.А. Курочкин,

ГБОУ лицей №1511 при НИЯУ «МИФИ»

Широкое распространение кремния в природе способствует разностороннему применению этого материала во многих отраслях производства. Кремний используется как в наукоёмкой промышленности (изготовление процессоров, солнечных батарей) так и в массовом производстве (стекло, керамика). Кремниевые покрытия и покрытия на основе кремния используются в различных целях, в том числе для создания гидрофобных поверхностей.

Магнетронные распылительные системы широко применяются для нанесения различных покрытий. В данной работе наносились кремниевые покрытия в магнетронном разряде и исследовались их свойства.

С помощью планарного магнетрона постоянного тока на установке МР-1 (кафедра физики плазмы, НИЯУ МИФИ) проводилось напыление на различные поверхности – тефлон, алюминий, оксид алюминия, вольфрам. Подложки устанавливались в различных местах камеры, как в зоне прямой видимости, так и в теневой области. В качестве мишеней использовалось лабораторное стекло (кремний с примесями) и кремниевые пластины (чистотой 99.95%). Были проведены эксперименты с различными условиями осаждения – скорость осаждения, температура подложки, потенциал подложки относительно плазмы. Полученные покрытия изучались при помощи оптического и электронного микроскопов. Проверялась смачиваемость полученных покрытий водой, их прочность, адгезия к материалам поверхности.

Лабораторное стекло легко плавилось из-за его большой толщины и плохой теплопроводности. Распыление расплава стекла проходило с большой скоростью при малых затратах мощности, что облегчало получение покрытий большой толщины за ограниченное время.

Полученные покрытия были проанализированы при помощи электронной микроскопии. Их состав был практически полностью кремниевым, то есть примеси, имевшиеся в стекле, не загрязняли покрытия. На полученных поверхностях были обнаружены два типа сферических образований. – крупные (10-70 мкм) и более

мелкие (до порядка 1 мкм диаметром). Мелкие образования не наблюдались при подаче потенциала на подложки во время осаждения, а крупные образования были одинаковыми как при подаче смещения, так и без него. Установлено, что крупные образования представляют собой капли, которые разбрызгиваются с жидкой поверхности кремния на катоде магнетрона.

При использовании тонких кремниевых мишеней, которые не расплавились в разряде, большие образования не наблюдались.

Полученные покрытия, осаждённые на металлические (вольфрамовые, алюминиевые) подложки, были сильно напряжены, обладали плохой адгезией и разрушались при механическом воздействии. Однако покрытия, нанесённые на эластичную подложку (тефлоновую ленту), имели хорошую адгезию и были устойчивы к механическим воздействиям.

Все полученные покрытия, как со стеклянными мишенями, так и кремниевыми, обладали хорошей смачиваемостью – скорость растекания водяной капли по поверхности плёнки была практически на порядок больше, чем по алюминиевой подложке.

Плёнки на тефлоновой подложке имели способность впитывать воду с большой скоростью – исчезновение капли воды происходило за время порядка минуты. На их поверхности обнаруживались образования, напоминающие волосы, вплоть до нескольких миллиметров длиной.

В результате работы исследованы закономерности формирования кремниевых покрытий в различных режимах, получены кремниевые покрытия, улучшающее смачиваемость подложек, получено покрытие, впитывающее воду.

Исследование возможности сбора космической пыли для поиска на ней следов внеземной жизни

Максимов Егор

Класс: 11

Научный руководитель: Беляков-Бодин Виктор Игоревич, к.т.н., зам. председателя Комитета по аэромоделированию Федерации воздухоплавания России

Целью данного исследования является выявление и анализ проблем, решение которых необходимо для сбора высотными аэростатами образцов микрометеоритов («космической пыли») с целью поиска в ней следов внеземной жизни [1], что необходимо для ответа на вопрос о происхождении жизни на Земле и во Вселенной.

До сих пор сбор таких образцов проводился либо путём промывки глубинных снеговых отложений Антарктиды [2] (без гарантии от их загрязнения земной органикой), либо с помощью возвращаемых космических аппаратов [3] (стоимость одного такого проекта STARDUST превысила 1 миллиард долларов США).

Поскольку колонии микроорганизмов были обнаружены даже на высоте 41 км [4], мишень для захвата микрометеоритов должна экспонироваться на высотах не менее 45 км, а значит, размещаться она может только на высотном аэростате. В работе [1] обосновывался выбор моментов запуска таких аэростатов с мишенью из аэрогеля, оптимальных для целенаправленного улавливания частиц из тех или иных газопылевых потоков, устойчиво существующих в Солнечной системе. Отмечалось, что эти частицы могут быть отброшены к Земле потоками плазмы, возникающими при солнечных вспышках. Предлагались также конкретные технические решения по устройству и запуску аэростата-носителя мишени.

Однако некоторые посылки и выводы работы [1] представляются недостаточно убедительными, и конкретной задачей настоящего исследования было их критическое рассмотрение и уточнение физических моделей, на основании которых формируются схемы полётов для сбора образцов пылинок и технические решения аэростатов-носителей.

В данной работе было показано, что воздействие однократной солнечной вспышки не может направить частицу массой даже в 10^{-9} г к Земле так, чтобы эта пылинка не сгорела в атмосфере. А при длительном воздействии на частицу различных факторов точность расчёта её сближения с Землёй резко снижается. В результате возможность синхронизации запуска носителя мишени с прохождением вблизи

Земли газопылевых потоков или со вспышками на Солнце становится весьма проблематичной. Да и само такое объяснение появления микрометеоритов на границах земной атмосферы вряд ли можно считать достаточным.

В настоящей работе предложена более реальная схема рассмотрения движения частицы от исходной орбиты до прохождения плотных слоёв атмосферы Земли, в которой на каждом из четырёх этапов этого движения (*a.* до попадания в сферу Хилла Земли; – *b.* до попадания в пылевую оболочку Земли [5]; – *c.* до высоты 200 км; – *d.* до верхней стратосферы) действуют свои группы факторов, специфичные для этого этапа. Разработана также имитационная компьютерная модель движения тел, иллюстрирующая эволюцию их совместного движения на этапе *b* предложенной схемы. Детализация и использование данной схемы позволит оценить время движения частицы от её схода с гелиоцентрической орбиты до падения на Землю, которое по приближённым оценкам исчисляется годами.

Таковыми же приближёнными методами, принятыми в метеоритике [6], общее количество частиц с массами $10^{-10} - 10^{-7}$ г, достигающих поверхности Земли, оценивается как $10^{13} - 10^{16}$ в год [7]. Следовательно, на 1 м^2 земной поверхности в год приходится в среднем $10^{-2} - 10^2$ частиц указанного размера, наиболее пригодных для анализа. Таким образом, успешность миссии по сбору частиц определяется не выбором момента запуска аэростата-носителя, а продолжительностью его нахождения на рабочей высоте, размером мишени и тем, пролегает ли маршрут его полёта под пылевыми кольцами Земли или вне их проекции на Землю.

Далее, в работе [1] была обоснована целесообразность использования солнечных аэростатов в качестве носителей мишени. Однако при этом рассматривались только аэростаты традиционного типа, нагреваемые солнечным светом, время полёта которых даже теоретически не превосходит продолжительности полярного дня (~180 дней), причём пока это время не подтверждено экспериментально, как и возможность достижения высоты >40 км. В настоящей работе обосновывается целесообразность использования другого типа солнечных аэростатов: полёт которых в ночное время поддерживается инфракрасным излучением Земли [8]. Такие аэростаты реально летают 71 день с грузом 50 кг на высотах до 32 км [9], и их полёт протекает в экваториальной области, под пылевыми кольцами Земли.

Следует отметить также необходимость уточнения ещё двух предложений работы [1] по конструкции высотного аэростата. Так, двухслойная оболочка, ранее предложенная нами для монгольфьеров с горелкой [10], может быть эффективной для солнечных аэростатов лишь в нижней стратосфере. Там перепад между температурой наружного воздуха $T_n = -56,5^\circ\text{C}$ и определяемой из закона Стефана-Больцма на равновесной температурой T_0 оболочки, которую нагревает Солнце, $T_0 = 55^\circ\text{C}$ в ~ 2 раза больше, чем на высоте 45 км, где $T_n = -9^\circ\text{C}$. Следовательно, конвективные теплотери на высоте 45 км ниже, и эффект от их снижения за счёт второго слоя оболочки не оправдывает двукратного увеличения её веса.

Другим предложением, высказанным в работе [1] было добавление 1% пропилена для предотвращения взрыва водорода [11]. Однако при -48°C пропилен сжижается и, значит, на высоте 10 км уже не может быть ингибитором взрыва. Альтернативой может быть использование этилена, в молекуле которого так же, как и в молекуле пропилена, присутствует одна π -связь; при этом кипит он уже при $-103,8^\circ\text{C}$. Но возможность его использования как ингибитора ещё должна быть подтверждена специалистами, а возможно, и дополнительными экспериментами.

Литература

1. Бахтин Б.И., Беляков-Бодин В.И., Хаврошкин О.Б. Высотный воздухоплавательный аппарат (ВВПА) и космическая пыль. «Вестник РАЕН» № 4 том 10, 2010
2. Инопланетная жизнь в антарктическом льду
<http://www.antarktis.ru/index.php?mn=def&mns=sqxyb3psn96ir284ywp>
3. STARDUST. NASA's comet sample return mission (см. <http://stardust.jpl.nasa.gov/home/index.html>).
4. Люльчак Е. Экстремальная жизнь. РБК daily. 24.03.2009
5. Пылевые пояса вокруг Земли (см. <http://okosmos.ru/content/pylevye-poyasa-vokrug-zemli>)
6. Метеоры. Большая советская энциклопедия. — М.: Советская энциклопедия 1969—1978.
7. Голенецкий С.П., Степанок В.В. Кометное вещество на Земле // Метеоритные и метеорные исследования. — Новосибирск: «Наука», Сиб. отд., 1983.
8. Malaterre P. et al. The long duration «MIR» balloon. (см. <http://courses.ae.utexas.edu/ase261/balloon/MIRBalloon.pdf>)
9. Un nouveau record pour le CNES. Communiqué de presse CNES. 01.06.2001 (см. <http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/36454.htm>)

10. Беляков-Бодин В.И., Максимов Е.С. Оболочка теплового аэростатического летательного аппарата. Патент RU 64592 U1
11. Азатян В.В. Химическое регулирование горения, взрыва и детонации водородно-воздушных смесей. «Наука – производству», № 10(48), октябрь 2001, изд. ИС-МАН

Поиск переменных в окрестности звезды V523 Cas

Галиуллин Ильхам

МАОУ «Гимназия №139», 11 класс, г. Казань
Научные руководители - к.ф.-м.н. Жучков Р.Я., к.ф.-м.н. Жуков Г.В.,
учитель высшей категории Гайнутдинова С. З.

Переменные звезды представляют собой наиболее интересный класс космических объектов, которые находятся на активных стадиях эволюции, и потому проявляют действие большего числа физических законов в разных комбинациях. В настоящее время темп открытий новых переменных звезд резко возрос, что связано с распространением методов ПЗС-фотометрии. Данные, полученные этим методом, важны для анализа поведения переменных звезд, планирования наблюдений некоторых звезд с наземных и космических обсерваторий, компьютерных моделей.

Целью нашего исследования является поиск новых переменных звезд в окрестности V523 Cas по наблюдениям 2010, 2012 годов. *Объект* исследовательской работы - звезда USNO-A2.0 1350-00672920, которая была обнаружена в окрестности переменной звезды V523Cas. *Научной новизной* нашей работы является то, что при помощи ПЗС-фотометрии нами открыта переменность блеска звезды USNO-A2.0 1350-00672920 и определен ее период изменения блеска. *Научная и практическая значимость* нашей работы состоит в том, что полученные результаты могут быть использованы для построения физических моделей переменной звезды USNO-A2.0 1350-00672920 и для дальнейших ее исследований.

Гипотеза работы: в окрестности звезды V523 Cas есть новые переменные звезды ранее неизвестные науки.

Для выполнения работы использовались наблюдения 2010 года (Крымская астрофизическая обсерватория) и наблюдения 2012 года (п.Дачный) на телескопах РК-800 и Sky-Watcher, соответственно. Астрошколы проводились кафедрой астрономии и космической геодезии Казанского федерального университета.

На монтировке телескопа РК – 800 была прикреплена связка из ПЗС-камеры ArogeeAlta + объектив MTO1000, а на телескоп Sky-Watcher была прикреплена ПЗС-камера QSI. За время наблюдения в 2010 году было получено 347 снимков, а за 2012 год – 61 снимок окрестности звезды V523 Cas. Полученные снимки обрабатывались с помощью программы MuniWin. Данная программа позволила независимо обнаружить уже ранее открытую переменную звезду V523 Cas, а также еще 3 звезды, изменяющие блеск. Проанализировав звезды изменяющие блеск, мы приступили к детальному исследованию звезды USNO-A2.0 1350-00672920. Остальные звезды, заподозренные в переменности, не исследовались детально, так как не хватало наблюдательных данных.

Используя программу MaxIm DL, определили блеск звезды, а используя программы Cycle и WinEfk, получили период изменения блеска. Нами предположительно определен тип переменной звезды: переменная звезда USNO-A2.0 1350-00672920 типа DSCT (δ Щита). Период изменения блеска 0.1647 ± 0.0002 дней, амплитуда изменения блеска – $0,3^m$ ($13.85-14.15^m$). Определив координаты звезды, мы искали ее в каталогах ОКПЗ (Общий каталог переменных звезд) и

AAVSO (Американская ассоциация наблюдателей переменных звезд). В этих каталогах данная звезда не была обнаружена. На основании этого был сделан вывод, что данная звезда является новой переменной.

В перспективе планируется пополнить базу данных с новыми наблюдениями области V523 Cas для детального исследования оставшихся звезд, для которых было заподозрено изменение блеска. Также планируется использовать полученные наблюдения в целях уточнения типа переменности звезды USNO-A2.0 1350-00672920 и внести полученные данные о звезде в каталоги ОКПЗ и AAVSO.