

Творческий проект

Физика

Модель для демонстрации термоакустического эффекта

Выполнила:

Шапошникова Мария Владимировна

учащаяся 11 класса

МБОУ "СОШ №46", Россия, г. Калуга

Руководитель:

Иванова Татьяна Анатольевна

Учитель физики

МБОУ "СОШ №46", Россия, г.Калуга

Введение

Физика - это очень интересный урок. И он заключается не только в научных книгах, непростых задачах и сложных законах. Это еще занимательные эксперименты и интересные опыты. Физические законы действуют в окружающем нас мире везде. Часто сами того не замечая, мы испытываем и используем их действие постоянно. И как раз эксперименты помогают учащимся увидеть физические явления наглядно. Эксперименты повышают у учеников интерес к изучению физики, развивают мышление, учат применять теоретические знания для объяснения различных физических явлений, происходящих в окружающем мире. С помощью экспериментов учащиеся смогут лучше освоить материал и собственными глазами увидеть действие законов физики. Арабская пословица гласит: “Один опыт стоит тысячи слов”. Вот и в нашей школе на уроках физики часто проводят эксперименты и объясняют тему, показывая принцип действия физических явлений на приборах. Изучая термоакустику, я заметила, что у нас в школе нет необходимого прибора, чтобы показать принцип работы термоакустического процесса. И я решила сделать работающую модель для демонстрации термоакустического эффекта, чтобы будущим ученикам нашей школы смогли показать, как работают термоакустические процессы. Я собираюсь делать модель из подручных материалов, чтобы любой желающий, кто заинтересуется моим прибором, тоже смог легко сделать эту модель. Различные двигатели также очень актуальны в наше время. С помощью них человечество достигло многих успехов. Например, двигатели повлияли на развития транспорта. Это позволило людям быстрее передвигаться.

Гипотеза: Для изучения процессов термоакустики лучше всего подойдет модель для демонстрации термоакустического эффекта, работающая за счет превращения тепловой энергии в акустическую энергию.

Цель проекта: Разработать действующую модель для демонстрации термоакустического эффекта и сделать ролик об эксперименте.

Для достижения цели своей работы мне необходимо решить следующие задачи:

1. Познакомиться с историей развития термоакустического двигателя;
2. Изучить, что такое термоакустика и термоакустический эффект;
3. Выяснить принципы работы термоакустического эффекта;
4. Сравнить виды термоакустических машин и выбрать подходящую;
5. Определить необходимые материалы и купить их;
6. Изготовить работающую модель для демонстрации термоакустического эффекта;
7. Снять ролик об эксперименте;
8. Провести опрос, который покажет насколько модель для демонстрации термоакустического эффекта помогла ребятам лучше понять тему «Термоакустика».

Необходимые материалы:

1. Стеклянная пробирка
2. Сухое горючее
3. Подставка под сухое горючее
4. Металлическая вата

Основная часть

Термоакустика — раздел акустики, изучающий взаимодействие тепла и звука.

Термоакустический эффект – это преобразование тепла в акустическую энергию. Машины, которые основаны на данном эффекте, называются термоакустическим двигателем.

Прямой термоакустический эффект возникает при следующих условиях: если газу в момент наибольшего сжатия сообщить тепло, а в момент наибольшего разрежения тепло отобрать, то это вызывает акустические колебания.

Таким образом, это устройство может производить механическую энергию акустического характера из потребления определенного количества тепла.

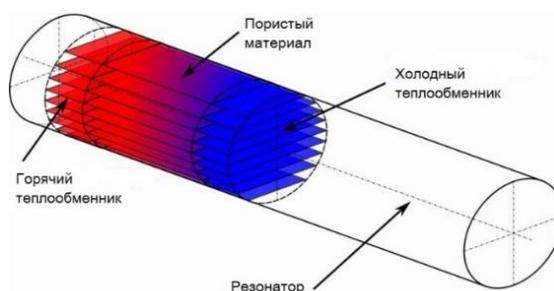


Рис. 1. Основные элементы термоакустической машины

Принципы работы термоакустического двигателя:

Устройство, демонстрирующее термоакустический эффект, состоит из акустического резонатора (выполненного в виде стеклянной пробирки), внутри которого расположен регенератор: либо газопроницаемый пористый материал, либо газопроницаемая пористая структура, концы которого снабжены теплообменниками. В моем случае регенератором является металлическая вата. Регенератор (металлическая вата) должен находиться на $\frac{1}{4}$ резонатора (стеклянной пробирки). На один из теплообменников подается тепло, а в другом теплообменнике тепло забирается. В моем устройстве тепло

сообщается за счет горения сухого горючего. А холодным теплообменником является салфетка, смоченная холодной водой.



Рис. 2. Основная часть модели

Газ предварительно сжимается, затем, попадая в пористый материал, нагревается и ускоряется в своем движении. Газ в свободной волне нагревается при сжатии и остывает при расширении, то есть сжимается и расширяется почти адиабатически (то есть без обмена тепла с окружающей средой). Почти адиабатически — это потому, что у газа присутствует теплопроводность, хоть и небольшая. То есть как газ не совершает работу, так и над газом не совершается работа [3, с.104]. Совершенно иная картина наблюдается в регенераторе. В присутствие регенератора газ расширяется и сжимается уже не адиабатически. При сжатии газ отдаёт тепловую энергию регенератору, а при расширении отбирает энергию. Разница температур, создаваемая на концах пористого материала и поддерживаемая теплообменниками, приводит к образованию акустической волны в резонаторе [3, с.99]. Не вся тепловая энергия может быть преобразована в акустическую энергию, так как максимальная эффективность преобразования любой тепловой машины ограничена КПД цикла Карно. Поэтому приходится сбрасывать часть тепловой мощности в окружающую среду

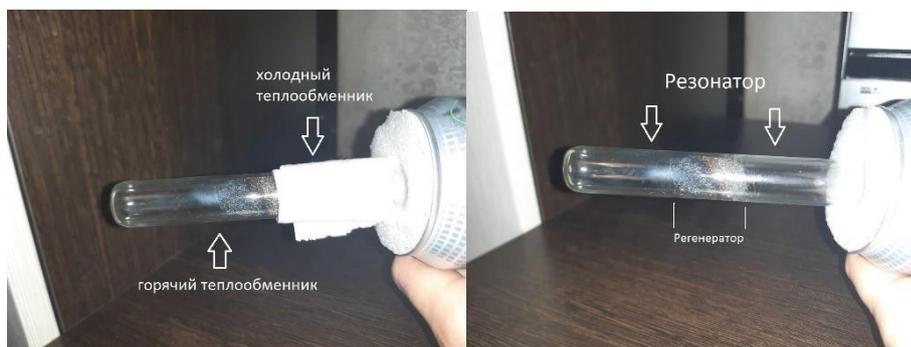


Рис. 3. Составные части модели

Рассмотрим принцип увеличения мощности акустической волны (рис.4). На вход теплообменного аппарата поступает волна маленькой мощности ($W_{вх}$) и усиливается, проходя через теплообменный аппарат двигателя до величины ($W_{вых}$). Для того чтобы усилить волну, необходимо затратить тепловую энергию. Тепловая энергия ($P_{вх}$) подводится при температуре нагрева ($T_{нагр}$). Не вся тепловая энергия может быть преобразована в акустическую энергию, так как максимальная эффективность преобразования любой тепловой машины ограничена КПД цикла Карно. Поэтому приходится сбрасывать часть тепловой мощности ($P_{вых}$) в окружающую среду. Температура, при которой осуществляется отвод тепла равна — (T_0). Температура (T_0) меньше температуры ($T_{нагр}$), поэтому за счет разницы температур акустическая волна усиливается. Направление роста температуры в теплообменном аппарате и направление, в котором растёт акустическая мощность, совпадают.

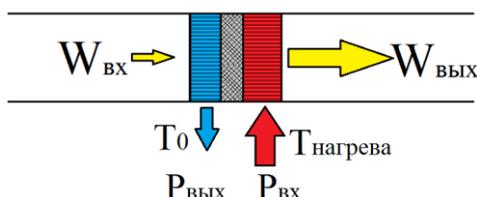


Рис. 4. Принцип увеличения мощности акустической волны

Виды термоакустических машин:

Существуют два вида термоакустических машин. В первом типе происходит выработка электроэнергии из звука с помощью динамика. Во втором наоборот, то есть выработка звука с помощью поступления тепла. Я собираюсь сделать модель, в которой сначала с помощью подачи тепла возникает акустическая волна, а затем она заставляет банку дрожать. Таким образом, тепловая энергия сначала переходит в акустическую энергию, а затем самым переходит в механическую. Также существует множество видов конструкции термоакустических двигателей. Из-за разного построения может быть разная длина волны и частота колебаний.

Практическая часть:

Для модели термоакустического двигателя мне необходима была стеклянная пробирка, длиной около 15 см. Я ее купила в медицинском магазине. Также мне нужна была алюминиевая банка. Ее я взяла из-под банки от газировки. В пробирку я поместила металлическую вату. Как и в прошлой конструкции вата является регенератором, а пробирка является резонатором. Регенератор должен находиться на $\frac{1}{4}$ длины пробирки от закрытого конца. Тепло подается за счет сгорания сухого горючего, а отнимается благодаря салфетке, смоченной холодной водой. Я соединила пробирку с банкой с помощью пенопласта (рис.5). Если взять стеклянную пробирку другой длины, то длина акустической волны и частота колебаний также поменяются.



Рис. 5. Конструкция для демонстрации термоакустического эффекта

В этом случае требуется подача большого количества тепла, поэтому я подавала тепло не за счет горения обыкновенной свечки, а за счет сгорания сухого горючего. Также при нагревании нужно учитывать, что холодный теплообменник должен немного заходить на регенератор. Акустические колебания приводят банку в движение, она начинает дрожать. Таким образом, тепловая энергия переходит в акустическую.

Также я сделала ролик об эксперименте, чтобы учителя смогли показать принцип работы термоакустического эффекта, если нет возможности провести эксперимент. В ролике я подробно объяснила принцип работы моего устройства и наглядно показала термоакустический эффект.

Заключение

Когда модель была создана и испытана, пришло время сделать заключение насчет того, достигла ли я своей цели – создать работающую модель для демонстрации термоакустического эффекта. Индикаторами успешности реализации проекта стали:

1. Работающая модель для демонстрации термоакустического эффекта
2. Использование простых материалов

3. Модель для демонстрации термоакустического эффекта будет полезна для объяснения темы на уроках физики (этот параметр можно оценить с помощью опроса учащихся)
4. Увидев действие моей модели, учителя были в восторге
5. Ролик об эксперименте был полезен

Что касается первого индикатора, мне удалось создать работающую модель для демонстрации термоакустического эффекта. У меня получилось создать акустические колебания и за счет них превратить акустическую энергию в механическую.

Насчет второго индикатора я могу сказать, что все материалы, которые я использовала для создания модели, можно найти дома или в любом магазине. На создание модели для демонстрации термоакустического эффекта я потратила 180 рублей (см. Приложение 2). При надобности любой учащийся сможет сделать подобную модель для демонстрации термоакустического эффекта у себя дома.

Подвести итог по третьему критерию позволяют результаты опроса учащихся. Для получения информации я обратилась к ученикам 7-10 классов. 40% опрошенных легче понять новый материал по физике, посмотрев эксперимент (рис.6).



Рис.6. Результаты первого опроса

Также всего лишь 11% учеников знают, что такое «термоакустический двигатель» и «термоакустический эффект» (рис.7).

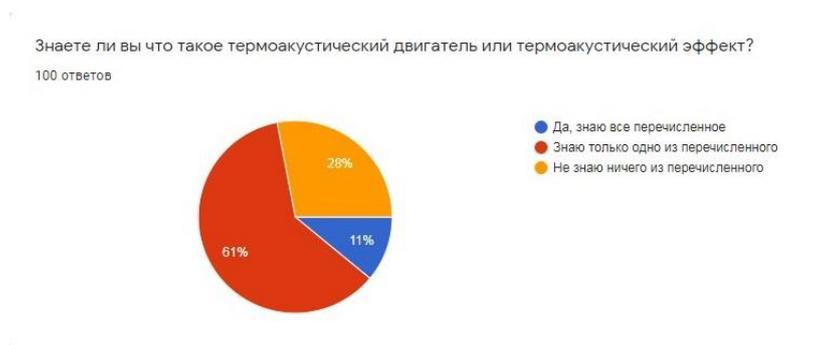


Рис.7 Результаты второго опроса

91% учеников никогда не видели термоакустический двигатель и не знают, как он работает (рис.8).

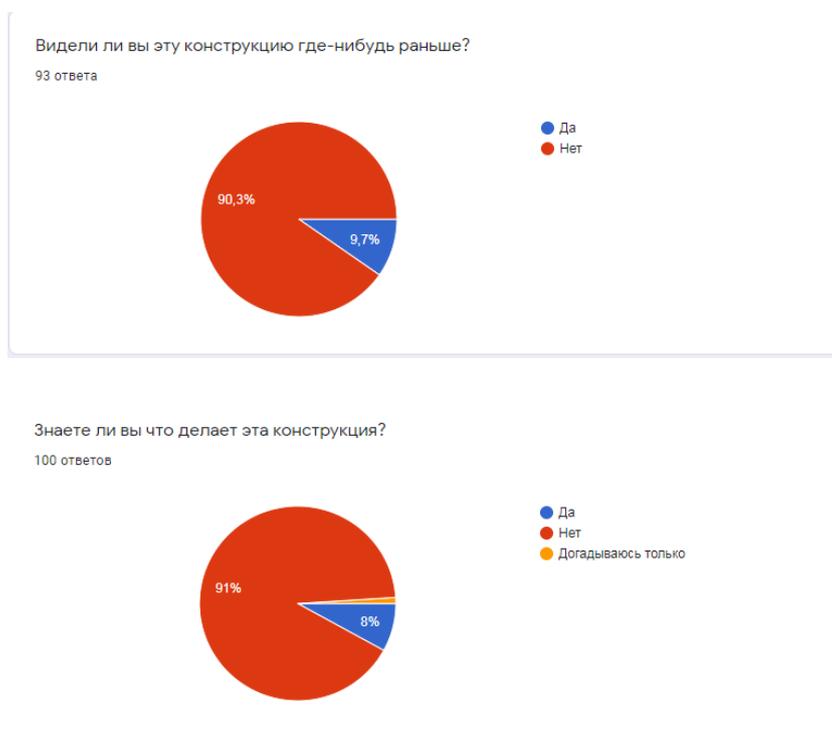


Рис. 8 Результаты третьего и четвертого опросов

94% учеников были заинтересованы принципом работы двигателя и пришли бы посмотреть на него (рис.9.). Я думаю, модель для демонстрации термоакустического эффекта будет полезна для объяснения темы на уроках физики. Ученики смогут наглядно увидеть принцип работы термоакустического эффекта и лучше разобраться в теме урока.

Вы бы пришли посмотреть на работу термоакустического двигателя, если бы у вас в школе такой присутствовал?
93 ответа

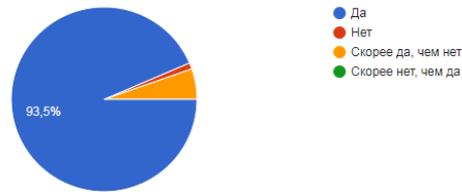


Рис.9. Результаты пятого опроса

Что касается четвертого индикатора, когда я показала учителям принцип действия моей модели, они были в восторге и сказали, что эта модель будет полезен для объяснения темы «Термоакустика».

Насчет пятого индикатора, я могу сказать, что, посмотрев ролик об эксперименте, ребятам стало понятно, как работает мое устройство. Это значит, что ролик будет полезен. Особенно это важно, когда нет возможности провести эксперимент.

В настоящее время на основе термоакустического эффекта создаются криогенные холодильники и тепловые двигатели. С коммерческой точки зрения среди всевозможных термоакустических устройств наиболее востребованы криогенные мини-холодильники. Практически все крупные производители криогенных систем перешли на пульсационные трубы. Пульсационные трубы настолько надёжны, что работают в сложнейших условиях космоса по 10 лет и более. Пульсационные трубы работают за счет термоакустического эффекта. Ущерб окружающей среде от пульсационных труб сводится к минимуму. Недаром акустическая технология охлаждения всё чаще привлекает внимание производителей бытовых холодильников и морозильных камер. Технологически термоакустические устройства имеют то преимущество, что у них нет движущихся частей, что делает их привлекательными для устройств, где надежность имеет ключевое значение.

В заключение могу сказать, что цель и все задачи, поставленные в начале, были достигнуты. Для создания модели я изучила многие источники информации и теперь знаю, что такое термоакустика, термоакустический эффект и термоакустические машины. Также я изучила историю открытия термоакустики и первых двигателей. Ознакомилась со строением термоакустических машин и их работой. Узнала, что существуют как термоакустические двигатели, так и термоакустические холодильники. У меня получилось создать простую модель для демонстрации термоакустического эффекта. Также я узнала о многих на первый взгляд незаметных моментах, но без которых модель не будет работать. Я довольна проделанной работой. Также результаты данного проекта можно использовать на уроках физики в разделе «Термоакустика» на уроках:

1. «Акустические колебания»
2. «Передача тепла»

Эта модель для демонстрации термоакустического эффекта будет находиться в школьном экспериментариуме. К прибору также составлена полная инструкция по применению (см. Приложение 1). Но если у учителя нет технических возможностей показать эксперимент, или если ученик пропустил урок, на котором был показан эксперимент, или если нужно повторить пройденный материал, то можно порекомендовать посмотреть готовый видеофайл с роликом об эксперименте.

Список источников и использованной литературы

1. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2020.
2. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных учреждений: базовый и профильный уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – М.: Просвещение, 2020.

3. Переведено на русский: Swift, G.W. Thermoacoustics: A unifying perspective for some engines and refrigerators [Текст] / G.W. Swift // Acoust. Soc. Am., 2002. – 315 с.
4. <https://habr.com/ru/post/435930/>
5. <https://izobreteniya.net/prostoy-termoakusticheskiy-dvigatel/>
6. <https://втораяиндустриализация.рф/termoakusticheskiy-effekt/>
7. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Термоакустика>
8. <https://habr.com/ru/post/402793/>

Приложение 1

Инструкция по применению:

Необходимые материалы:

1. Стеклянная пробирка
2. Влажная салфетка
3. Сухое горючее
4. Подставка под сухое горючее
5. Металлическая вата

Прямой термоакустический эффект возникает при следующих условиях: если газу в момент наибольшего сжатия сообщить тепло, а в момент наибольшего разрежения тепло отобрать, то это вызывает акустические колебания. Таким образом, на один из теплообменников подается тепло. Газ предварительно сжимается, затем, попадая в пористый материал, нагревается в теплообменнике, и ускоряется в своем движении. На выходе с другого конца пористого материала газ разряжается. Разница температур, создаваемая на концах пористого материала и поддерживаемая теплообменниками, приводит к образованию акустической волны в резонаторе. При увеличении разности температур между теплообменниками, увеличивается мощность акустической волны, проходящей через регенератор. Таким образом, это устройство может производить механическую энергию акустического характера из потребления определенного количества тепла.

1. Для начала нужно подготовить рабочее место. Рядом не должны находиться какие-либо посторонние предметы, т.к. проводится работа с огнём.

2. Сухое горючее надо положить на специальную подставку. А это все также следует положить на какую-либо ёмкость, чтобы легче было передвигать огонь при необходимости.



3. Металлическая вата должна находиться на $\frac{1}{4}$ длины стеклянной пробирки. Также металлическая вата не должна быть забита плотно. Салфетку следует намочить холодной водой и намотать небольшой линией так, чтобы салфетка чуть-чуть заходила на часть, где находится ватка.



4. Далее можно начинать поджигать сухое горючее. Пламя должно находиться ровно под стеклянной пробиркой, и его надо расположить так, чтобы горячий поток чуть-чуть попадал на часть, где находится ватка.



5. Если акустические колебания не возникают, то следует сменить металлическая вату.

6. После проведения эксперимента не надо сразу брать руками за место нагрева или разбирать конструкцию (вытаскивать ватку или снимать салфетку), следует подождать, чтобы пробирка остыла. Все-таки помните, что мы работаем с огнём.

Приложение 2

Таблица 3.1

Смета расходов

Стеклянная пробирка	20 руб.
Металлическая вата	100 руб.
Сухое горючее 10 шт.	60 руб.
Итого:	180 руб.