



# VI открытый региональный конкурс исследовательских и проектных работ школьников

## «Высший пилотаж»

### «Лазерная визуализация звука»

Выполнил: Миронов Владислав, 9«А» класс,  
Научный руководитель: Калагина Оксана Ивановна  
учитель физики  
высшей квалификационной категории

Пенза  
2023 год

✉ - 440008, г. Пенза, ул. Бакунина, 115

☎ - телефон /841-2/ 54-20-44; e-mail: school02@guoedu.ru

## **Содержание:**

1. Введение
2. Историческая справка
3. Теоретическое содержание
4. Сборка экспериментальной установки
5. Применение
6. Вывод
7. Список используемой литературы и интернет-источников

## 1. Введение

Человек всегда стремился дополнить музыку какими-либо зрительными образами, играющими роль фона или «усилителя» эмоционального восприятия мелодии. В этих случаях картинка просто гармонирует с музыкальным произведением по ритму, колориту и по смыслу. Но иногда творческие люди идут дальше простого визуального оформления музыки. Они визуализируют музыку, перевоплощая звук в видимые образы. О необычных и интересных способах такой визуализации мне и хочется рассказать.

**Цель работы:** создать лазерную установку для визуализации звука .

**Задачи,** поставленные при выполнении работы.

- Изучить литературу по данному вопросу.
- Изучить теорию и принцип образования фигур Лиссажу.
- Изучить из каких материалов можно изготовить устройство для сложения колебаний.
- Выяснить, где может применяться данный прибор в наши дни.

## 2. Историческая справка

В 2013 году музыкант Нигель Стэнфорд и режиссер Шахир Дауд начали работу над уникальным клипом, в котором звук визуализировался посредством колебаний воды, песка, ферромагнитной жидкости, огня, движений плазмы и электрических зарядов. Звуковые колебания преобразовывались в удивительные трансформации этих веществ, как я понял из видео, на динамик акустической системы прикреплялась емкость, похожая на тарелку. В нее заливалась вода. Как известно, диффузор динамика преобразует механические колебания в колебания воздуха. Так рождается звук. Но вода, налитая сверху диффузора, тоже преобразует его колебания в буквальные волны на своей поверхности. Вода в такт ритма звука покрывается самыми разными волнами, рисующими «узоры» на ее поверхности. Но, помимо этого, Стэнфорд исполь-

зовал воду и по-другому. К диффузору динамика приклеивали небольшой шланг, через который текла вода. Под воздействием колебаний динамика, вытекающая из шланга вода «кружилась» по спиралевидной траектории. Еще более необычной визуализации музыки можно достичь посредством пластины Эрнста Хладни, который занимался исследованиями физики вибрирующих пластин. Этот прибор представляет собой вибрирующую плоскость. На нее насыпают немного песка. В зависимости от частоты механических колебаний пластины, песчинки на ее поверхности собираются в скопления в определенной последовательности. Где-то скопления песка больше, где-то меньше. В результате, на поверхности образуется замысловатый геометрический рисунок, похожий на орнамент. Причем разной частоте колебаний пластины соответствует свой рисунок. Именно такую трансформацию звука в узоры из песка и произвел в своем клипе Нигель Стэнфорд. Кроме пластины Хладни, в описываемом видео демонстрировалась визуализация звука посредством ферромагнитной жидкости, которая способна менять свою форму под действием магнитного поля. Как Стэнфорд преобразовывал звук в магнитное поле, а поле в движение этой жидкости я не понял. Но способ работал и звук визуализировался в движении ферромагнитной жидкости.

Стэнфорд дополнил все эти эффекты трубой Рубенса — трубой со множеством отверстий, в которых горит газ. Эти языки пламени имеют примерно одинаковую длину. Но под воздействием звуковых колебаний, длина языков пламени меняется и образуется волна. То есть ряды длинных огоньков чередуются с рядами коротких огоньков. Изгибы этой «змейки» могут быть частыми или редкими — в зависимости от частоты звука. Вот таким непривычным способом Нигель Стэнфорд визуализировал звук для своего клипа.

Но кроме всех этих нестандартных решений, он еще решил «поиграть» с плазмой. Для этого он использовал плазменный шар и трансформатор Тесла.

Генерируемые этими устройствами молнии появлялись в такт музыки, что усиливало общий эффект от этого необычного клипа.

Если продолжать говорить о визуализации музыки, то невольно вспоминается цветомузыка 80-х. Свет разного цвета проецировался на стены, потолок, мебель... Все эти огни зажигались и гасли в такт музыкальному ритму. Настроение, ритм, тональность мелодии воплощались в проекции света. На этом же принципе основываются лазерные шоу. Но лазерная проекция имеет намного больше возможностей.

Световые пушки, высокотехнологичные проекторы, специальный дым, софиты, звуковая задержка и синхронизация звука, специальные экраны, пиротехника — все это создает впечатляющую визуализацию музыки. Лучи лазера позволяют рисовать в задымленном воздухе какие угодно изображения.

Например, те же геометрические фигуры, появляясь и трансформируясь в причудливые формы могут вторить музыкальному ритму и рисовать тот образ, который задумал композитор. Мелодия оживает в зрительных образах, проникнутых объемным звуком, будоражащим воображение. Но в современных лазерных шоу еще используют проецирование изображения на какую-либо плоскость. Например, на городскую архитектуру, выступающей в роли экрана. Проектор переносит изображение или полноценное видео на поверхность здания с учетом его рельефа. Подсвеченный таким образом силуэт дома на фоне ночного неба, может «ожить» и превратиться во что угодно. Такая иллюзия впечатляет. Например, грандиозные световые шоу Дэвида Аткинса или концерты Жана-Мишеля Жарр собирают огромное количество зрителей. В таких проектах хорошо видно значение синтеза музыки, изобразительного искусства и высоких технологий, к которым относится и компьютерная графика. С ее помощью создаются фантастические картины, визуализирующие звук.

### 3. Теоретическое содержание

Лазерную визуализацию звука мы решили осуществить с помощью известных в физике фигур Лиссажу. Фигуры Лиссажy — траектории, прочерчиваемые точкой, совершающей одновременно два гармонических колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Впервые изучены французским учёным Жюлем Антуаном Лиссажу.

Вид фигур зависит от соотношения между периодами (частотами), фазами и амплитудами обоих колебаний. В простейшем случае равенства обоих периодов фигуры представляют собой эллипсы, которые при разности фаз 0 или  $\Pi$  (пи) вырождаются в отрезки прямых, а при разности фаз  $\Pi/2$  и равенстве амплитуд превращаются в окружность.

Если периоды обоих колебаний близки, то разность фаз линейно изменяется, вследствие чего наблюдаемый эллипс всё время деформируется. Это явление используется в электронике для сравнения частот и подстройки одной частоты под вторую — опорную частоту.

Многие колебательные системы могут одновременно участвовать в нескольких колебательных процессах одновременно. Под сложением колебаний понимают нахождение закона движения тела, участвующего одновременно в нескольких колебательных процессах. Любое движение можно представить как сумму двух или более движений, имеющих разные направления. При сложении колебаний наибольший интерес представляют сложение одинаково направленных и перпендикулярных колебаний.

Колебания считаются одинаково направленными, если они происходят в одной плоскости вдоль параллельных прямых. Колебания считаются перпендикулярными, если они происходят в одной плоскости вдоль взаимно перпендикулярных прямых. Рассмотрим сложение двух перпендикулярных колебаний, одно из которых совершается вдоль оси ОХ, другое — вдоль оси ОУ декартовой системы координат. Колебание вдоль оси ОХ будем называть горизонтальным, а колебание вдоль оси ОУ — вертикальным. В общем случае

горизонтальные и вертикальные колебания могут описываться различными амплитудами  $A_x$  и  $A_y$ , различными частотами  $\omega_x$  и  $\omega_y$ , различными начальными фазами  $\phi_x$  и  $\phi_y$ , соответственно

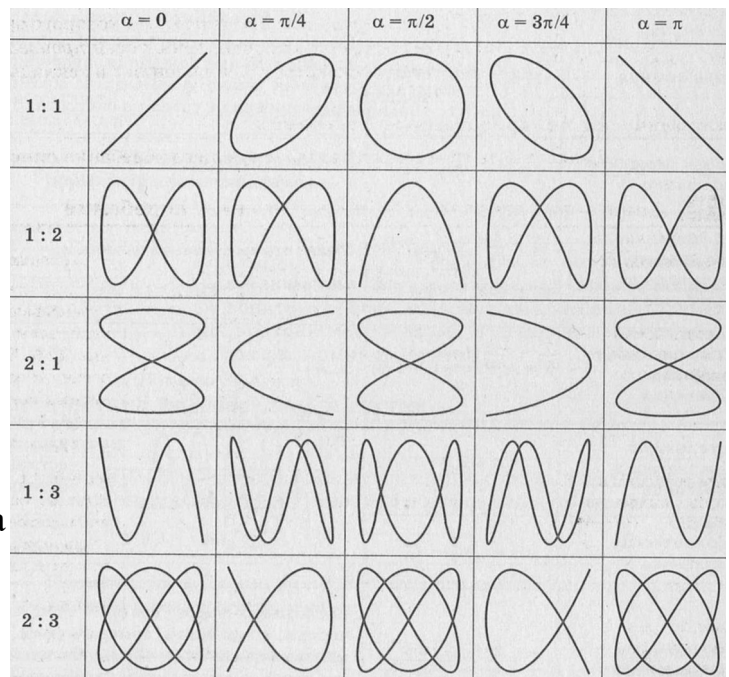
$$x = A_x \cos(\omega_x t + \phi_x) ;$$

$$y = A_y \cos(\omega_y t + \phi_y).$$

Результирующее движение является двумерным. Начало отсчета времени всегда можно выбрать так, чтобы начальная фаза одного из колебаний (например, горизонтального) была равна нулю

$$x = A_x \cos(\omega_x t) ;$$

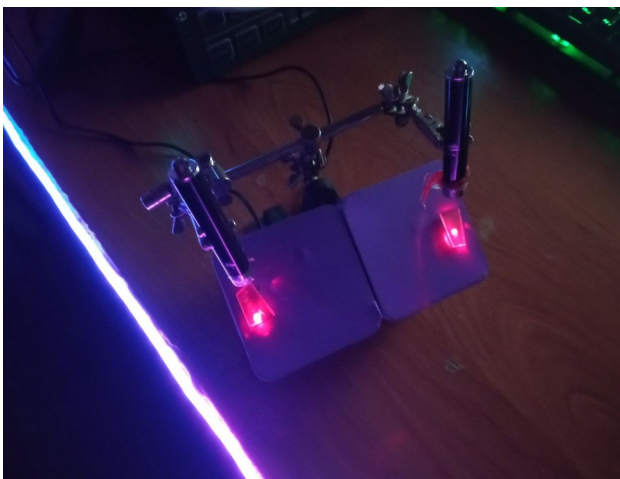
$$y = A_y \cos(\omega_y t + \phi).$$



#### 4. Сборка экспериментальной установки

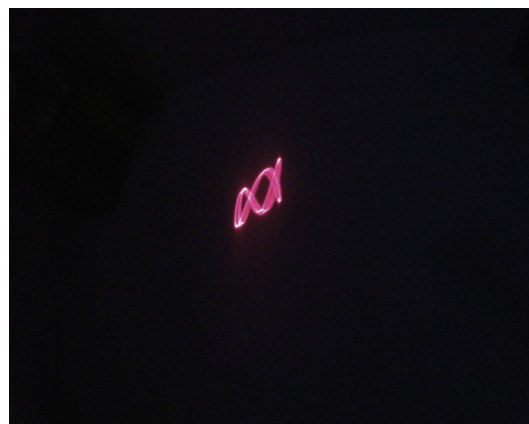
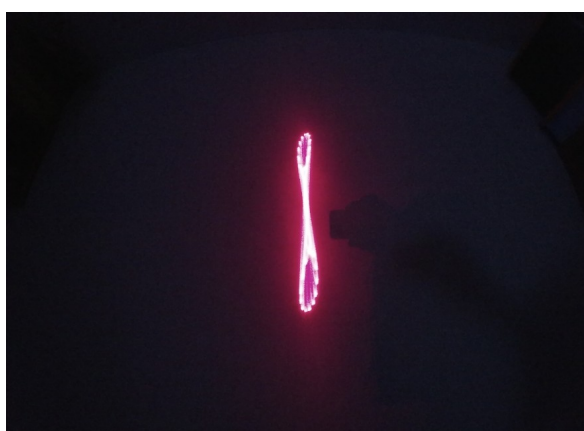
Для создания экспериментальной установки необходимо взять:

- лазер
- динамик (2 шт)
- воздушный шарик
- зеркало
- плата для разработки Arduino Nano



Эксперимент демонстрирует работу двух динамиков, а именно колебания мембраны, натянутой на них. В качестве мембраны выступает растянутый воздушный шарик, на котором прикреплен кусок зеркала, закреплённый при помощи двухстороннего скотча. На зеркало направляется лазер, который был выпаян из светомузыкального проектора.

При проигрывании различных звуков и музыки, низкие и средние частоты заставляют колебаться динамик и мембрану, из-за чего лазер начинает «рисовать» на стене различные формы, тем самым визуализируя колебания мембраны.



## 5. Демонстрация изменения формы фигур при различных частотах

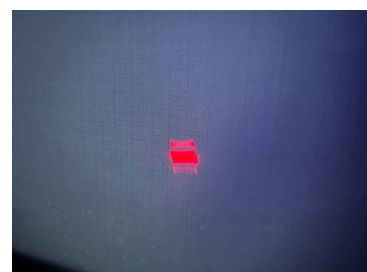
Диапазон частот (Гц)

Описание

Изображение

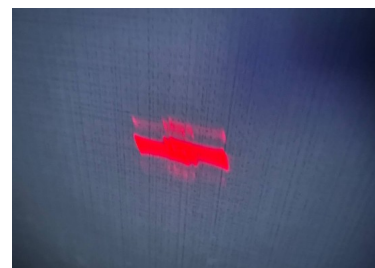
100 — 150

Точка превращается  
в короткую линию



200 — 270

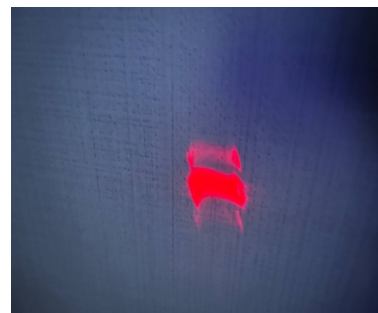
Линия становится  
длиннее и разбивается  
на две





300 — 330

Линия искривляется



370 — 400

Линия становится  
прямой



480 — 500

Линия принимает  
вид овала



550 — 570

Линия становится  
прямой



580 — 600

Прямая немного  
Искривляется и  
Становится длиннее



650 — 5000

Прямая становится  
точкой и больше не  
меняется



## 7. Список используемой литературы и интернет-источников

1. <http://zaholstom.ru/?p=3858> автор Алексей Епишин

2.

[https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B3%D1%83%D1%80%D1%8B\\_%D0%9B%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B0%D0%B6%D1%83](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B3%D1%83%D1%80%D1%8B_%D0%9B%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B0%D0%B6%D1%83)

3. Google Картинки

4. О.Г. Ревинская, Н.С. Кравченко СЛОЖЕНИЕ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Рецензия на проектную работу ученика 9 «А» класса  
МБОУ «Лицей современных технологий управления №2 «г. Пензы  
Миронова Владислава

по теме: «Лазерная визуализация звука»

Проект Миронова Владислава «Лазерная визуализация звука» посвящен изучению и созданию прибора, который позволяет продемонстрировать звуковые эффекты с помощью фигур. Проект имеет высокую степень практической значимости. Он способствует проявлению интереса учащихся в изучении физики.

Выполненный проект полностью соответствует заявленной цели. Владислав предлагает действительно работающий прибор, который может самостоятельно изготовить любой человек.

Содержание работы полностью соответствует заявленному направлению. Работа структурна, соответствует плану, построена и изложена логично. Она состоит из введения, теоретической и практической части. Автор уделил достаточно внимания физической составляющей проекта. В практической части представлено поэтапное описание сборки стробоскопа.

Автор провел провёл огромную работу по изучению и созданию прибора. Основной принцип выполнения работы – личная заинтересованность учащегося в получении научных знаний по данной теме. В работе указан список используемой литературы.

Считаю, что работа может быть представлена на научно-практической конференции школьников.

Учитель -методист  
МБОУ ЛСТУ №2 г. Пенза



/Калагина О.И./