

Краевая научно-практическая конференция  
учебно-исследовательских работ учащихся 6-11 классов  
«Прикладные и фундаментальные вопросы математики»

Прикладные вопросы математики

**Изучение звуковых волн проходящих через тонкую пластину**

Заклюковская Елизавета Сергеевна,  
11 класс, МБОУ "Лицей №1", г. Пермь,  
Анфёров Сергей Дмитриевич,  
старший преподаватель ПНИПУ.

Пермь. 2016.

## Введение.

Актуальность данной работы заключается в учебных целях для демонстрации стоячей волны, на примере фигур Хладни. А именно, чтобы при изучении теоретических знаний, подтверждать их экспериментальными результатами. По простому говоря «Увидеть звук».

Область исследования моей работы - звуковые явления и колебания в упругой пластине.

## Цели работы.

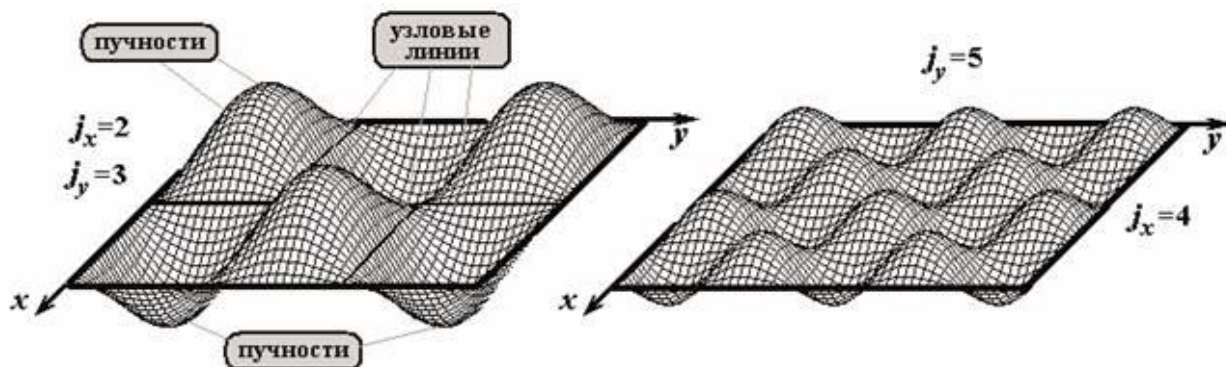
Получить с помощью звуковой волны картину фигур Хладни, проверить, как меняется картина распределения узлов и пучностей сыпучего материала от частоты звуковой волны, а также сделать некоторые расчеты на основе полученных данных.

## Теоретическая часть.

Данная работа будет основываться на Киматике. Киматика — наука, изучающая видимый звук и вибрацию. Обычно производится вибрация поверхности пластинки, диафрагмы или мембраны, и области максимального и минимального смещений видимо проявляются на тонком слое частиц, мастики или жидкости. Ярким и занимательным примером явлений, изучаемых киматикой, являются, фигуры немецкого физика Эрнста Хладни. Эти фигуры образуются скоплением мелких частиц сухого песка вблизи узловых линий на поверхности упругой колеблющейся пластинки; каждому собственному колебанию пластинки соответствует своё расположение узловых линий. В случае круглой пластинки узловые линии могут быть круговыми или радиальными; в случае прямоугольной или треугольной пластинки они имеют направление, параллельное сторонам или диагоналям. Меняя точки закрепления и места возбуждения, можно получить разнообразные фигуры Хладни, соответствующие различным собственным колебаниям пластинки.

Еще в основе данной работы лежит понятие стоячей волны.

Стоячая волна — колебания в распределённых колебательных системах с характерным расположением чередующихся максимумов - пучностей и минимумов—узлов амплитуды. Пучность — участок стоячей волны, в котором колебания имеют наибольшую амплитуду. Противоположностью пучности является узлы — неподвижные места стоячей волны, представляющие собой поверхности, рассекающие объем тела на участки, в середине которых наиболее сильны колебания. Практически такая волна возникает при отражениях от преград и неоднородностей в результате наложения отражённой волны на падающую волну. При этом большое значение имеет частота, фаза и коэффициент затухания волны в месте отражения.



Если поместить частицу песка в какой-нибудь точке, не расположенной на узле, то при достаточно сильном поперечном колебании она будет двигаться (подпрыгивать и смещаться от первоначального положения). Движение частиц песка нерегулярно, но, после ряда прыжков, частица находит путь к узлу, как к единственному месту, где она может остаться в покое.

Стоячие волны могут образовываться в упругих телах. Здесь происходят гармонические колебания частиц тела происходящие с известной частотой, определяемой размерами и свойствами данного тела, причем отдельные участки этого тела колеблются с различными амплитудами. В общем, Колебания упругих тел представляют собой стоячие волны в этих телах.

## **Экспериментальная часть.**

**Приборы:** генератор звуковых волн (от 1-20000Гц), деревянный корпус с динамиком внутри (диаметром диффузора 14 см), квадратная пластина(сделанная из дюрала, толщина которой 0,1 см, а сторона равна 19,4 см), манная крупа.

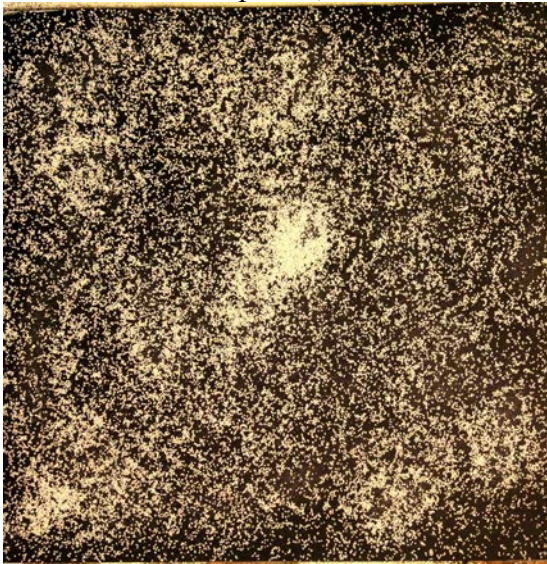
### **Ход работы:**

В данном эксперименте я расположила корпус с динамиком на ровной поверхности, на него положила пластину. Данная пластина лежит на четырех точках, закрепленных на одинаковом расстоянии от центра динамика, так чтобы пластина легла на них углам. В качестве четырех опор я взяла пористую резину высотой равной 0,4 см. Пластина должна быть ровной, без вмятин и царапин, иначе в них будет собираться частицы крупы. А также для удобства она покрашена тонким слоем гуаши. На пластину я насыпала тонким слоем манную крупу. Далее подключаю динамик к звуковому генератору. Поэтапно возбуждаю динамик на различных частотах и наблюдаю за получаемой картиной узлов и пучностей из крупы. Образование картины происходит примерно от 30 сек до 3 мин.

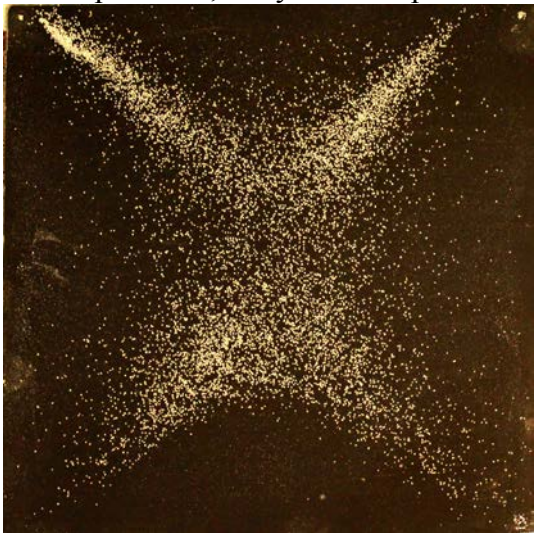
Фигуры получались в диапазоне 126-6600Гц. Когда частота ниже 126Гц динамик начинает “бить” по пластине, из-за чего песок начинал “прыгать” по поверхности, впоследствии рисунок не складывался. Если частота выше 6600Гц, то изображение не сложится, из-за того что плотность пластины будет слишком высокой для частоты.

**Полученные экспериментальные данные:**

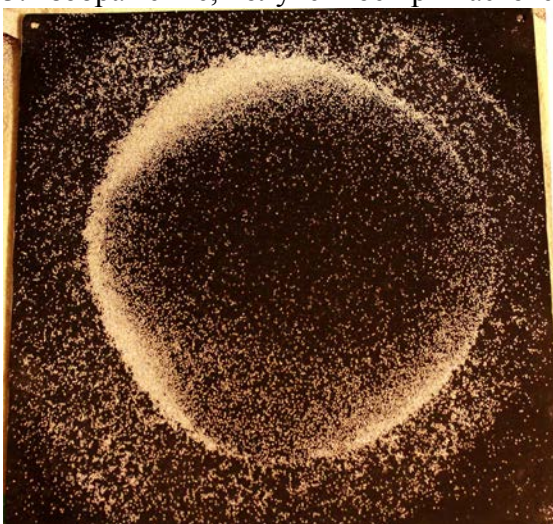
1. Изначальная картина, когда только насыпана крупа.



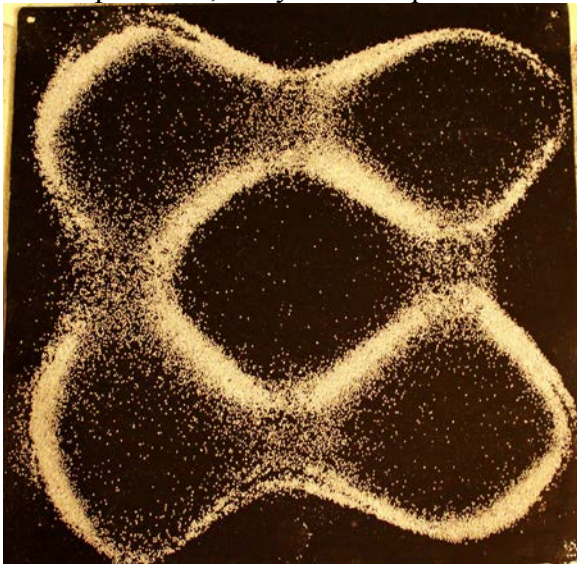
2. Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 126 Гц.



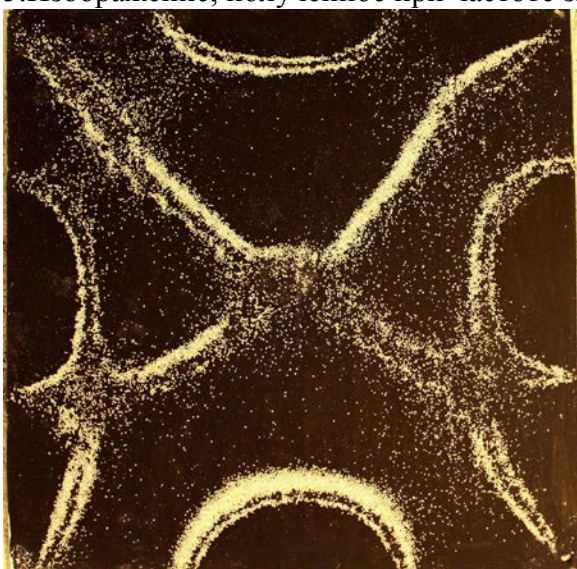
3. Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 201 Гц.



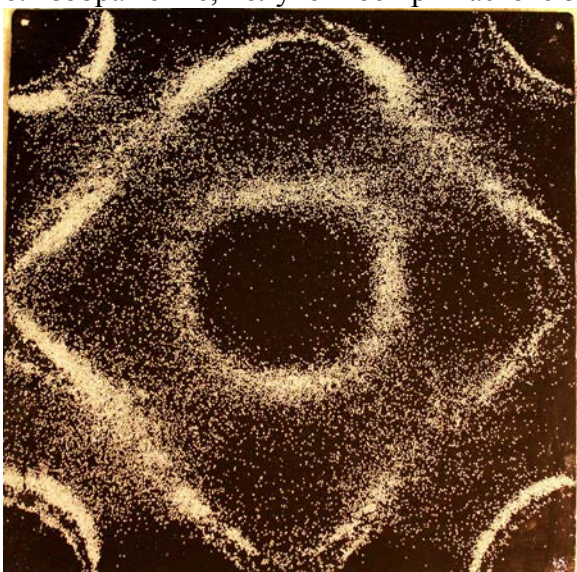
4.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 759 Гц.



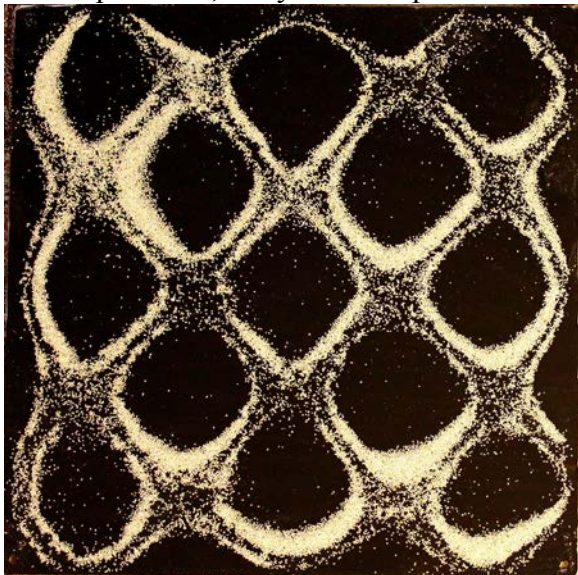
5.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 972 Гц.



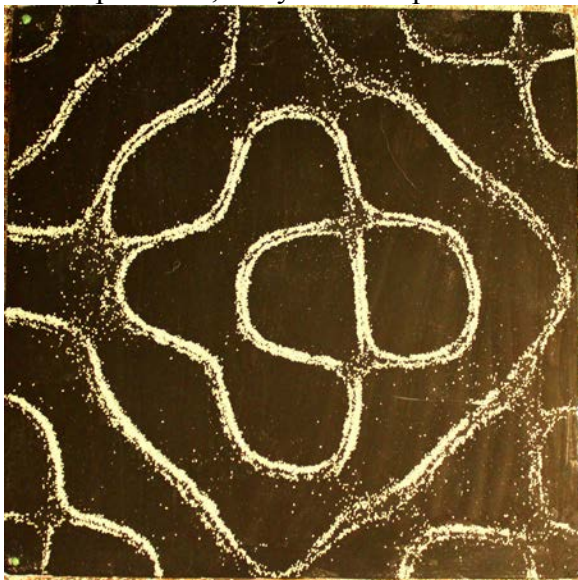
6.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 1027 Гц.



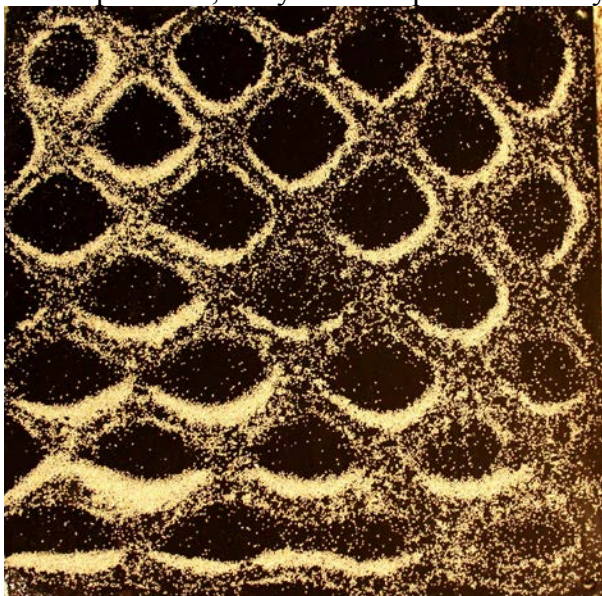
7.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 1826 Гц.



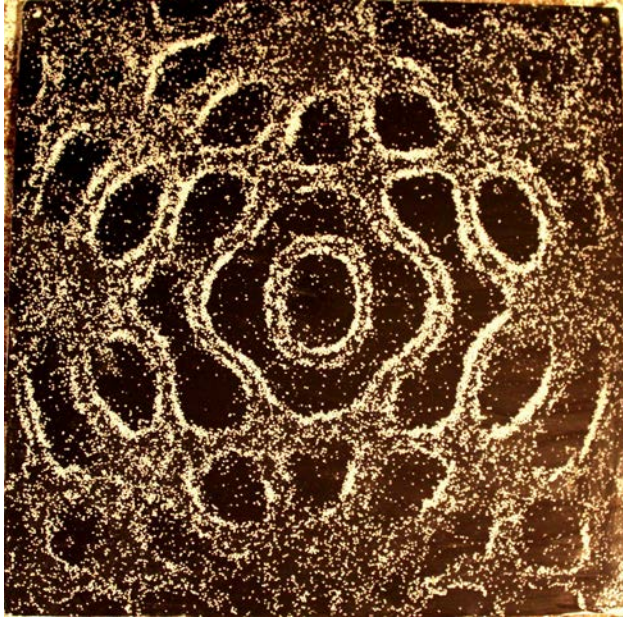
8.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 2808 Гц.



9.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 3375 Гц.



10.Изображение, полученное при частоте звуковой волны в 5545 Гц.



### Результаты опыта и анализ опыта.

Изменение возбуждаемой частоты в динамике влечет за собой изменение картины узлов и пучностей. С увеличением частоты число пучностей и узлов увеличивается, и изображение становится более сложным. Отсюда на каждом этапе мы можем посчитать длину волны и скорость ее распространения в среде.

$$\lambda = \frac{c}{\nu} \quad \nu = \frac{\lambda}{T}$$

### Вывод.

Цель работы : получить с помощью звуковой волны картину фигур Хланди , проверить, как меняется картина распределения узлов и пучностей сыпучего материала от частоты звуковой волны, достигнута. Во время эксперимента были получены фигуры, схожи с фигурами Хландни. Также была выявлена зависимость изображения от частоты звука.

Реальный применения: Фигуры Хландни применяются для изучения собственных частот диафрагм телефонов, микрофонов, громкоговорителей. Фигуры Хландни используются в дефектоскопии (топографический метод) для исследования изделия в целом (например, пластинки или оболочки).

Образование стоячей волны важно в конструировании музыкальных инструментов. Например есть фигуры Хландни для корпуса гитары.

Также применение этому стали развивать художники, дизайнеры и прочие любители-энтузиасты, уловившие здесь несомненную эстетическую красоту и чуть ли не безграничный потенциал для творчества. Фигуры, порождаемые с помощью звука, демонстрируют удивительное разнообразие форм и гармоничность пропорций.