Министерство просвещения РФ

Муниципальное образовательное учреждение
«Лицей №1 Красноармейского района Волгограда»

Исследовательский проект

«Фигуры Хладни»

Работу выполнила:
ученица 10 класса
МОУ Лицей №1
Тютюнова Дарья.
Руководитель:
учитель труда
МОУ Лицей №1
Нагорный Николай Алексеевич

Волгоград 2025

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ 3

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 5

1.1 ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ 5

Рисунок 1 5

1.2 СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ 6

Рисунок 2 6

1.3 ПРИНЦИП РАБОТЫ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФИГУР 7

ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 8

Рисунок 3 8

Рисунок 4 8

2.2 ОПЫТ 1 9

Рисунок 5. 9

Рисунок 6. 10

Рисунок 7. 11

Рисунок 8. 12

2.3 ОПЫТ 2 13

Рисунок 9 13

Рисунок 10. 14

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 15

Литература 16

ВВЕДЕНИЕ

Фигуры Хладни - это визуальные узоры, образующиеся на поверхности вибрирующих пластин, в результате воздействия звуковых волн. Они являются наглядным примером того, как звук может влиять на материю и создавать сложные геометрические формы.

Цель работы:

понять, как звуковые волны взаимодействуют с поверхностью и как это приводит к образованию узоров.

Задачи:

1. Ознакомиться с историей открытия и значением этого в науке.
2. Исследовать основные физические принципы, лежащие в основе формирования фигур.
3. Определить необходимые материалы для опытов.
4. Провести серию экспериментов с различными частотами звука, посмотреть на изменения узоров.

Гипотеза: на основе принципов образования фигур Хладни можно создать установку для сортировки мелких частиц.

Предмет исследования: звуковые волны и их взаимодействия с материалами.

Объект исследования: Фигуры Хладни

Методы исследования: изучение Интернет-ресурсов по проблеме, проведение экспериментов, анализ данных , создание опытного образца.

Актуальность:

Фигуры Хладни остаются актуальными и сегодня благодаря их применению в различных областях науки и техники:

1. Музыкальные инструменты: Фигуры Хладни используются для изучения резонансов музыкальных инструментов, таких как скрипки, гитары и виолончели. Это помогает понять, как форма инструмента влияет на звуковые характеристики.

2. Акустика и виброакустика: Вибрации и резонансные частоты играют важную роль в акустике помещений, звукоизоляции и разработке акустических систем. Фигуры Хладни помогают визуализировать эти явления.

3. Наука о материалах: Исследование вибраций материалов позволяет лучше понимать их механические свойства, такие как прочность, упругость и жесткость. Это важно при проектировании конструкций и изделий.

4. Образование: Демонстрация фигур Хладни остается популярным способом объяснения принципов вибрации и резонанса ученикам. Таким образом, фигуры Хладни продолжают оставаться полезным инструментом для исследования вибрационных явлений и свойств материалов.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1 ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ

К концу XVIII века появилось достаточно много работ учёных, исследовавших природу и свойства звуковых волн. В связи с чем большой интерес вызвали работы немецкого физика Эрнста Хладни. Он повторил эксперимент английского ученого Роберта Гука, который в 1680 году провел исследование ,в процессе которого он заметил изменение формы предмета при воздействии на него колебаний.

Ученый насыпал небольшое количество песка на тонкую металлическую пластину и провел смычком по краю пластины. Это вызвало колебания пластины, в результате чего произошло распространение звуковой волны. Беспорядочно лежащий песок начал самостоятельно перемещаться по пластине, образовывая различные фигуры от самых простых до замысловатых геометрических узоров. Вид фигур менялся в зависимости от формы и места крепления пластинки, а также от скорости, силы и места прикосновения смычком. Например, при низких вибрациях на квадратных пластинках наблюдались наиболее простые узоры, такие как квадрат и круг. На круглых пластинках появлялись фигуры, похожие на звезды.

В 1787 году немецкий физик опубликовал книгу под названием «Открытия по теории звука» , где описал свои эксперименты с колеблющимися пластинами. Эти опыты показали, как вибрации звука создают фигуры Хладни, которые отражают свойства стоячих волн.

Рисунок 1

1.2 СТОЯЧИЕ ВОЛНЫ

Когда в пространстве встречаются первичные и отраженные звуковые волны, они накладываются друг на друга и взаимодействуют. В результате образуется стоячая волна. Такое название обусловлено тем, что распределение узлов и пучностей в ней постоянно во времени (Пучность - участок стоячей волны, в котором колебания имеют максимальную амплитуду, узел-участок с минимальной амплитудой колебаний.

Стоячие волны можно получить при наличии источника звука и отражающей поверхности, например с помощью стены, потолка или шкафа. При этом большое значение имеют частота, фаза и коэффициент затухания волны в месте отражения. Как правило, для образования стоячей звуковой волны требуются низкие значения частот(от 40 до 300 Гц), так как в этом диапазоне частот помещение представляет собой резонатор.

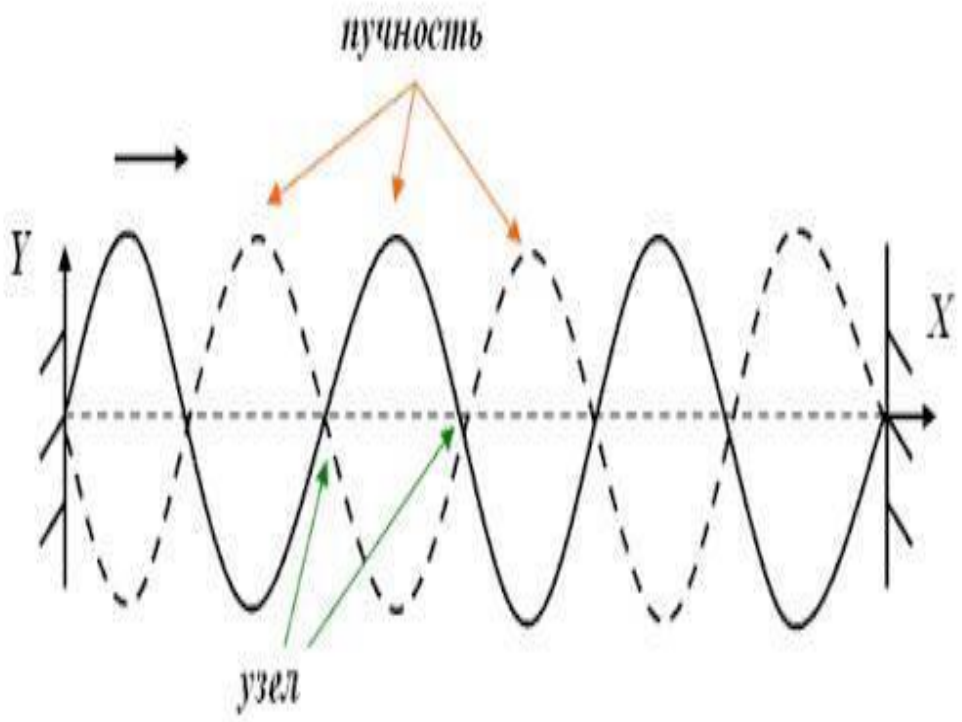

Рисунок 2

1.3 ПРИНЦИП РАБОТЫ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФИГУР

Песок играет ключевую роль в визуализации фигур Хладни. Когда пластина вибрирует, на её поверхности возникают стоячие волны, состоящие из узлов и пучностей. Песчинки, насыпанные на поверхность пластины, естественным образом стремятся занять положение там, где амплитуда колебаний минимальна, то есть в узлах. Это происходит потому, что в этих точках сила инерции, вызванная колебаниями, наименьшая, а значит, песок может оставаться неподвижным.

Таким образом, когда песчинки собираются в узлах, они формируют чётко различимые узоры, соответствующие распределению стоячих волн на поверхности пластины. Эти узоры и называются фигурами Хладни.

Наиболее распространенный материал для визуализации-это песок, поскольку песок собирается в узлах, он остается на месте даже после прекращения вибрации. Это позволяет наблюдать фигуру длительное время.

Для создания фигур можно использовать и другие сыпучие материалы. Каждый материал может давать разные результаты из-за своих физических свойств, но принцип формирования узоров остается неизменным.

Существуют некоторые частоты, на которых фигуры Хладни не формируются. Есть несколько факторов, которые служат причиной этого:

1. Частота возбуждения не совпадает с собственными частотами. Для образования фигур необходимо, чтобы частота внешнего воздействия совпадала с одной из собственных частот колебания пластины. Если частота вибрации отличается от нужного значения, то амплитуда колебаний будет недостаточной для формирования узоров.
2. Затухание колебаний. На очень низких или очень высоких частотах колебания могут затухать слишком быстро, что может препятствовать образованию узоров. Это связано с тем, что материалы имеют свою собственную частоту демпфирования, которая влияет на скорость затухания колебаний.

ГЛАВА 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Цель: наглядно продемонстрировать появление фигур, показать как зависит число пучностей от частоты волны.

Приборы: ведро с вырезанным дном, песок с разными фракциями, генератор звуковых частот, динамик, пленка.

2.1. ПОДГОТОВКА

Для качественного проведения эксперимента понадобилось:

1. Вырезать дно ведра, чтобы натянуть пленку.

Рисунок 3

2. Вырезать подходящее отверстие для динамика.

Рисунок 4

3. Сделать ножки для изделия, чтобы конструкция могла стоять и сделать подставки-опоры под ведро (отсутствие подставок отрицательно влияет на движение диффузора громкоговорителя и пленки).

2.2 ОПЫТ 1

На пленку насыпем песок тонким слоем. Подключим громкоговоритель к генератору. Начинаем изменять частоты и смотреть на изменение узлов и пучностей из песка.

1. На частоте 30 Гц с песком начинают происходить первые изменения, он разделяется на фракции.
2. На частоте от 30 до 200 Гц песок собирается в кучу, изображение не меняется.
3. На частотах от 200 до 2000 Гц начинают образовываться первые фигуры.
4. На частотах от 2000 до 180000 Гц так же образуются различные узоры, при этом на частотах от 18000 до 20000 Гц звук становится неслышным для человека, песок перестает менять свое местоположение.

1. На частоте 30 Гц с песком начинают происходить первые изменения, он разделяется на фракции. На частотах от 30 до 200 Гц рисунок почти не меняется.

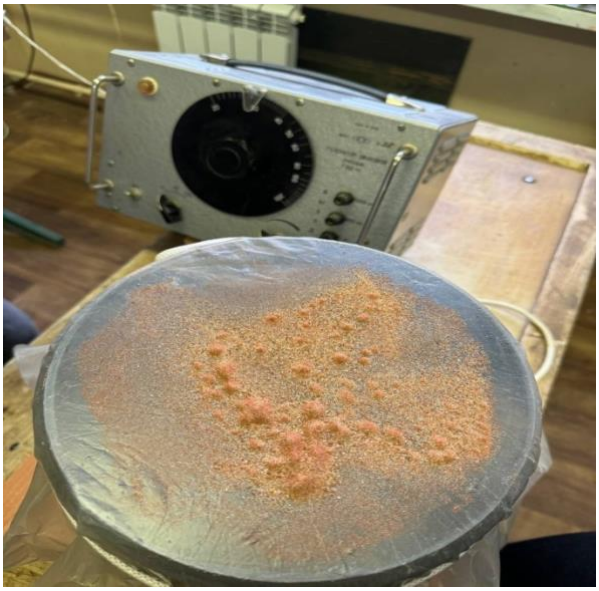

Рисунок 5. Частота 30 Гц.

2. На частотах от 200 до 2000 Гц начинают образовываться первые фигуры.

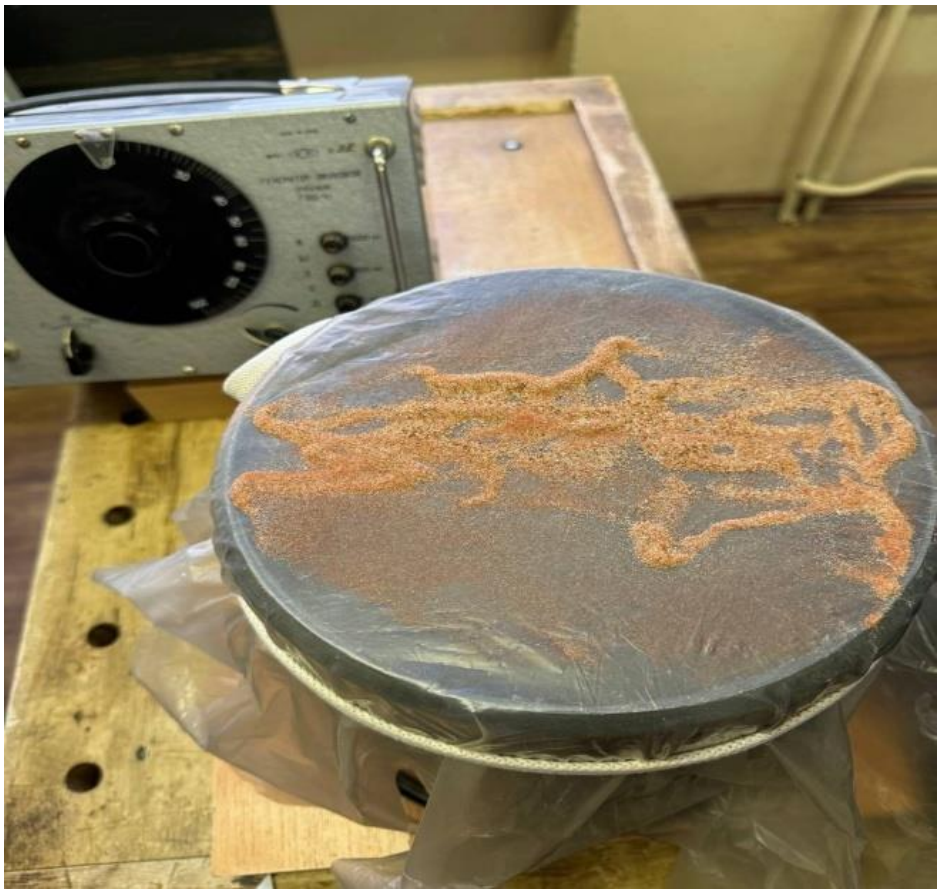

Рисунок 6. Частоты 200 и 2000Гц.

3. На частотах от 2000 до 180000 Гц так же образуются различные узоры.

Рисунок 7. Частоты 2000, 3000 и 18000 Гц.

4. при этом на частотах от 18000 до 20000 Гц звук становится неслышным для человека, песок перестает менять свое местоположение.

Рисунок 8. Частота 20000 Гц.

2.3 ОПЫТ 2

Цель: создать прибор для отделения мелкого песка от крупного.

Возьмем дополнительные материалы: трубку, фольгу, две маленькие емкости. Прикрепим на поверхность пластмассовые полоски и сделаем несколько маленьких дырочек между ними, чтобы мелкий песок мог ссыпаться. Поставим частоту 25 Гц. Начинаем наблюдать за происходящим.

Рисунок 9. Экспериментальная установка.

1. Песок начинает двигаться, при этом крупная фракция отделяется от мелкой.

Рисунок 10. Отделение крупного и мелкого песка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря проведенному исследованию, можно сделать вывод, что визуализация звуковых волн - красивейшее зрелище.

На основе проведенных опытов мы поняли, что узоры из песка сильно меняются в зависимости от частоты и амплитуды колебаний. Нам удалось самим создать прибор, позволяющий сортировать мелкие сыпучие материалы.

Таким образом, исследование фигур Хладни представляет собой важный вклад в понимание физических процессов, связанных с распространением звуковых волн.

Литература

1.https://eee-science.ru/item-work/2023-2093/
2. https://infourok.ru/issledovatelskaya-rabota-po-fizike-figuri-hladni-3324986.html
3. https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Фигуры_Хладни
4. Дж. Уокер. Физический фейерверк.- М.: Издательство Мир, 1989