

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЗВУКА И ЕГО ДЕЙСТВИЕ НА СТРУЮ ЖИДКОСТИ

Кишиневская Ю.Д., Иеронов Д.К.

Московская область, г. Одинцово, МБОУ Одинцовская средняя
общеобразовательная школа № 10, 5 «Г» класс

Руководитель: Дибижева Л.Ю., Московская область, г. Одинцово,
МБОУ Одинцовская средняя общеобразовательная школа № 10, учитель физики

Мы занимаемся музыкой: игре на скрипке, вокалу. Живя в мире, наполненном различными звуками, мы хотим понять, что же такое – звук? Из учебника физики (автор А.В. Перышкин – 8 класс), мы выяснили, что звук-это волна. Но нам это было не очень понятно. Природой человеку дан слуховой аппарат. Звук человек слышит. Но люди издавна привыкли верить лишь тому, что видят. А можно ли увидеть звук? Мы задумались над этим вопросом. Ведь, «увидев» его, нам легче будет понять его свойства. Визуализация (от лат. visualis – зрительный) – создание условий для зрительного наблюдения. В общем смысле это метод представления информации в виде оптического изображения (например, в виде рисунков и фотографий, графиков или воздействия на вещество). Мы нашли информацию в Википедии, что существует целая наука, которая изучает видимый звук и вибрации, называется она «кيماتика» (с греч. κῆμα «волна») [1]. Из книги «Удивительный мир звуков»[5], мы узнали, что видимый звук оказывается не только мощным инструментом познания явлений природы, но и эффективным средством технического прогресса. В современном мире визуализация звука применяется в системах подводного видения (гидроакустические локаторы), дефектоскопии, в сфере развлечений (шоу фонтанов). Звуковые волны кроме этого воздействуют на биоткани и биожидкости организма механически, вынуждая последние колебаться под действием волн, на чем основаны различные физиотерапевтические методики диагностики и лечения [3]. Так же визуализация звука способствует развитию восприятия у глухих людей. Приведенные примеры ясно показывают широкие возможности практического применения методов визуализации звука и его актуальность. Несмотря на это, эти методы находятся пока в начальной стадии, техника их далека от совершенства «О путях усиленного развития визуализации звука двумя словами сказать не получится, потому что это предмет очень сложных научных изысканий. За визуализацией звука стоят будущие открытия в диагностике и лечении организма. Здесь постоянно трудятся

тысячи исследователей, и каждый год им удастся показать какие-то заметные улучшения», – В. Кукулин, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник НИИ МГУ [9]. Это нас очень заинтересовало, и послужило стимулом для изучения звуковых волн с применением этого метода и создания собственной опытной установки для получения звуковых «картин». Актуальность нашей работы заключается в том, что если мы наглядно покажем как « выглядит» звук, то многим учащимся будет легко понять сущность звука и это возможно послужит толчком для создания в будущем новых устройств визуализации звука . Влияние звука на струю жидкости позволит понять действие звука на организм человека. который состоит в основном из жидкости.

Проблема

Звук человек слышит, но не видит, поэтому трудно понять сущность звука и его свойства.

Гипотеза

Если применить методы визуализации, то можно исследовать звук , звук влияет на состояние жидкости.

Цель работы

Создать условия для наглядного изучения звука и его воздействия на жидкость.

Предмет исследования: кيماتика

Объект исследования: звук

Задачи:

- собрать и систематизировать информацию о звуке;
- поставить эксперимент по изучению характеристик звука , издаваемого музыкальным инструментом ;
- доказать волновую природу звука;
- сконструировать экспериментальную установку и исследовать воздействие звука на струю жидкости

Методы исследования:

- моделирование;
- эмпирический метод;
- графический метод;
- теоретические методы анализа и синтеза.

Работа носит прикладной характер, дает наглядное понимание звука и может быть

использована при изучении звуковых волн как на уроках, так и на элективных курсах физики.

Что такое звук

Звуковые волны

Волна, это распространение колебаний в пространстве. Механические волны бывают разных видов. В процессе распространения частицы среды лишь совершают колебания около положений равновесия. Однако волны переносят энергию колебаний от одной точки среды к другой. Если смещение частиц среды происходит в направлении распространения волны, такая волна называется продольной. Если при распространении волны частицы среды испытывают смещение в направлении, перпендикулярном направлению распространения, такая волна называется поперечно (Приложение 1). Примером волны такого рода могут служить волны, бегущие по натянутому резиновому жгуту или по струне.

Звук – физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде. Звук может возникать только там, где есть вещество. В условиях вакуума, где отсутствует какая-либо среда, звук не распространяется, потому что там отсутствуют частицы, которые и выступают распространителями звуковых волн. Например, в космосе.

Звуковые волны являются продольными, так как эти среды обладают упругостью лишь по отношению к деформациям сжатия (растяжения). Любой источник звука обязательно колеблется (хотя чаще всего эти колебания незаметны для глаза). Например, звуки голосов людей и многих животных возникают в результате колебаний их голосовых связок, звучание духовых музыкальных инструментов, звук серены, свист ветра, раскаты грома обусловлены колебаниями масс воздуха. Для улавливания звука у человека и животных есть специальный орган – ухо. Это необычайно тонкий аппарат, который отзывается на ничтожно малые изменения давления в воздухе. Ухо преобразует колебательное движение звуковой волны в определённое ощущение, которое и воспринимается нашим сознанием как звук. Но не все колебания, воспринимаются нами как звук. Человеческое ухо способно воспринимать звук в достаточно широком, но ограниченном диапазоне от 16 Гц до 20 кГц Волны с $\nu < 16$ Гц (инфразвуковые) и $\nu > 20$ кГц (ультразвуковые) органами слуха человека не воспринимаются.[10].

Характеристики звука

Основными параметрами любой волны и звуковой в частности, является частота, период и амплитуда, скорость и длина волны.

Амплитуда – модуль максимального смещения точек среды от положений равновесия при колебаниях. Амплитуды волны определяет такое свойство звука, как громкость.

Длина волны λ – наименьшее расстояние между двумя точками, колебания в которых происходят одинаково.

Период T – время, за которое волна проходит одну свою длину

$$T = \frac{t}{N},$$

где t – промежуток времени, в течение которого совершаются N колебаний.

Частота ν – показывает, какое количество волн образуется за единицу времени

$$\nu = \frac{N}{t},$$

Частота звука измеряется в герцах (Гц).

Скорость (v) – скорость волны.

Длины волны $\lambda = v \cdot T$ – расстояние между двумя ближайшими точками среды, которые колеблются одинаково.

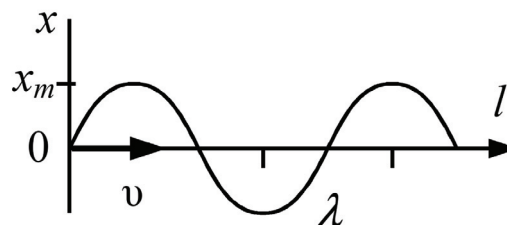


График волны представляет зависимость смещения всех частиц среды x от расстояния l до источника колебаний в данный момент времени и имеет вид кривой.

Высота звука – качество звука, определяемое человеком субъективно на слух и зависящее от частоты звука. С ростом частоты высота звука увеличивается, т. е. звук становится «выше». Распределения энергии между определенными частотами определяет своеобразие звукового ощущения, называемое тембром звука. Так, различные певцы, берущие одну и ту же ноту, имеют различный тембр. Единицей громкости звука принято считать 1 Бел (её назвали по имени одного из изобретателя телефона – Александра Грэхема Белла). Практически один Бел не используется, удобнее пользоваться децибелами, равными одной

десятой Бел. Поэтому на практике для измерения амплитуды звука обычно используется адаптированная для человека шкала децибелов.

Приведем некоторые значения уровней звука

Порог слышимости	0 дБ
Шорох листьев, шум слабого ветра	10–20 дБ
Шепот (например, на задней парте)	20–30 дБ
Разговор средней громкости	50–60 дБ
Автомобиль с интенсивным движением	80–90 дБ
Авиадвигатели	120–130 дБ
Болевой порог	140 дБ

Физиологический болевой порог у человека наступает при 130 дБ [10].

Ультразвук и инфразвук

Особым видом звуковых колебаний является ультразвук, весьма эффективное средство в руках медиков и других исследователей. К таким колебаниям относятся волны с частотами за 20 000 Гц. Этот вид колебаний обладает целым рядом уникальных свойств. Проходя через воду, ультразвук вызывает её кипение с возникновением гидравлического удара. С помощью ультразвука можно отрывать элементы от поверхности металла, дробить твердые тела. Ультразвук позволяет смешивать жидкости, которые в обычных условиях не смешиваются, к примеру, эмульсии с масляной основой. Ультразвук позволяет производить омыление жиров. Этот принцип лежит в устройстве стиральных машин. Свойство ультразвука производить дробящий эффект нашло применение в ультразвуковых паяльниках. Особый вид колебаний с частотой до 16 Гц получил название инфразвук. Известно, что колебания этой частоты способны оказать болезненное влияние на организм человека. При частотах 4–8 Гц ощущается вибрация внутренних органов, частота в 12 Гц провоцирует приступ морской болезни. Источниками инфразвука могут стать машины и механизмы с большими поверхностями, которые совершают механические колебания низкой частоты

Способы визуализации звука

Звук – это один из видов информации, который человек получает из окружающего мира с помощью органов чувств. Представление о многих вещах и предметах впервые создаются в сознании человека именно на слух. Изучая звук на слух, практически невозможно получить объективные результаты исследования, так как слух индивидуален и зависит от особенностей человека.

Впервые интенсивно изучал визуальный звук Ханс Дженни (1904г–1972г). Для описания эффекта вибрации Дженни придумал название этой науке Kumatik («суматик» на английском языке) от значения греческого слова «Кумар», «вал» или «волна». Дженни изобрёл специальное устройство, визуализирующее звуки – Тоноскоп. Ярким и занимательным примером явлений, изучаемых киматикой, являются, например, фигуры Хладни. Эксперименты Э.Хладни, исследующие влияние звуковых волн разной частоты на песок, позволяют получать разнообразные фигуры из песка, а полученные фигуры названы в его честь – фигуры Хладни (Приложение 2). Английский химик и физик. Мартин К. исследовал влияния звуковых вибраций на жидкости – воду, нефть [11].

В зависимости от характера используемого эффекта все методы визуализации звука можно подразделить на две группы:

1) методы, в которых используются колебательное смещение частиц.

Один из способов этого метода – изображение звука при помощи компьютерных технологий. Основным достоинством этого метода является возможность проводить комплексную обработку изображения звука. В компьютер приходит не сам звук, а электрический сигнал, снимаемый с какого-либо устройства: микрофона, преобразующего звуковое давление в электрические колебания.

2) методы, основанные на деформации водной поверхности под действием звука, акустические течения [11].

Акустические течения (акустический, или звуковой, ветер) – регулярные течения среды, возникающие под воздействием звука. Воздействие звуковых волн, вибраций на воду изучал японский ученый Масару Эмото. Идея визуализации музыки пришла в голову американцу Стефани Малиновскому, когда он слушал скрипичную сонату Баха и смотрел в ноты, успевая следить за их «течением» по нотному стану, переплетением высот и длительностей. Шоу фонтанов – это тоже одна из форм визуализации музыки. Одно из самых известных таких шоу показывается в парке развлечений Уолта Диснея в Калифорнии (США).

Практическая часть 1

Исследование характеристик звука методом визуализации, в которых используются колебательное смещение частиц.

Оборудование.

1. Источник звука – скрипка.
2. Персональный компьютер ПК с программой «Аудио мастер»

Эксперимент 1.

Цель эксперимента – увидеть графическое изображение звука.

Чтобы сделать звуки, издаваемые скрипкой не только слышимыми, но и видимыми, нужен прибор, который может преобразовывать воздействия этого явления в видимую картину. Для того чтобы видеть звук, используем электронный прибор – микрофон. Так, микрофон преобразует звуки в электрические сигналы, которые передаются на компьютер. Громкий звук микрофон преобразует в сильный электрический сигнал, а тихий – в слабый. Электрический сигнал микрофона можно увидеть с помощью компьютерной программы «Аудио мастер». Источник испускает звук, который через микрофон фиксируется компьютером. Сравнивая изображения звуковых сигналов и можно определить и рассчитать акустические параметры звука

Результат эксперимента: При помощи программы «Аудио мастер» мы получили видимое изображение звука волны в виде графика волны, что подтверждает звуковая волна (Приложение 3).

Эксперимент 2.

При помощи скрипки мы воспроизвели звучание нот «ЛЯ» и «ДО» одной октавы. Нота «ЛЯ» имеет более высокий тон, чем нота «ДО». Сравнивая графики видно, что на одинаковых участках разверстки число волн в звучании «ЛЯ» больше, чем в звучании «ДО» (Приложение 4):

Результат эксперимента: чем выше звук, тем колебание на разверстке проходили чаще, то есть частота волны больше.

Эксперимент 3.

Сравним параметры одного звука, воспроизведенного сначала тихо, а потом громче. Проигрывалась одна нота «Ре» сначала громко, затем тихо. Мы видим, что отклонение от положения равновесия, то есть амплитуда, больше в первом случае (Приложение 5)

Результат эксперимента: чем громче звук, тем амплитуда волны больше.

Выводы

1. Звук имеет волновую природу.
2. Характеристики звука: громкость определяются амплитудой звуковой волны, а высота – частотой звуковой волны.

Практическая часть 2

Воздействие звука на струю жидкости – метод визуализации звука основанный на изменении формы струи.

Создание установки для исследования.

Звуковой генератор (в дальнейшем ЗГ) мы скачали приложением на мобильном телефоне. Динамик сделали из старой колонки от компьютера. В пластиковой бутылке сделали отверстие в крышке и срезали дно.

В крышку вдели пластиковую пипетку и на нее надели трубку. На конце трубки примотали скотчем стеклянную пипетку диаметром 0.5 см и соплом диаметром 0.1 см. Сантехническими хомутами закрепили бутылку на каркасе. В качестве поддона для струи мы использовали ящик для рассады (Приложение 6).

Эксперимент 1. Зависимость неустойчивости струи жидкости от частоты звука.

Постепенно наливали воду в бутылку, регулировали длину струи. На частоте ЗГ примерно 140 Гц наблюдаем эффекта «слипания струи» (Приложение 7).. Звук как бы отрывает от струи через равные промежутки времени одинаковые капли. Эти капли быстро движутся по одной траектории и производят впечатление сплошной слипшейся струи. Производили изменения частоты звука. При уменьшении частоты ЗГ до 110 Гц мы заметили, что струя раздваивается. При достижении частоты 63 Гц то струя делится на три части (Приложение 8).

Критическая частота ν , Гц	Результат воздействия на жидкость
$\nu_1 = 63$ Гц	три струи
$\nu_2 = 110$ Гц	две струи
$\nu_3 = 140$ Гц	слияние струй

Результат эксперимента: с понижением частоты звука уменьшается взаимодействие молекул воды.

Эксперимент 2. Зависимость критической температуры слипания струи жидкости от температуры

Меняли температуры воды от 19°C до 50°C

С повышением температуры требуется воздействие гораздо большей частоты звука, чтобы добиться эффекта «слипания». Частоту пришлось повысить до 180 Гц.

Температура, t°C	Критическая частота ν , Гц
19°C	140 Гц
50°C	180 Гц

Результат эксперимента: С повышением температуры ослабевают межмолекулярные связи.

Эксперимент 3. Зависимость критической температуры слипания струи жидкости от рода жидкости

Заменяли воду на соляной раствор. Для слипания струи при увеличении плотности жидкости потребовалось снижение частоты ЗГ.

Жидкость	Критическая частота ν , Гц
Вода, $\rho = 1000$ кг/м ³	140 Гц
Соляной раствор	186 Гц

Результат эксперимента: с повышением плотности жидкости повышается критическая частота звука для «слипания» струи.

Выводы. Таким образом, в ходе проведенных исследований была установлена зависимость частоты ЗГ для слипания струи от температуры жидкости (прямая зависимость) и от плотности жидкости (обратная зависимость).

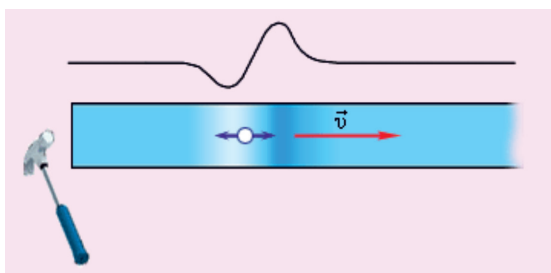
Заключение

В своей работе мы изучили основные теоретические вопросы, связанные со звуком и экспериментально, методом визуализации, убедились в волновой природе звука. Выяснили зависимости между характеристиками звуковых волн: амплитуда влияет на громкость, а частота на высоту звука.

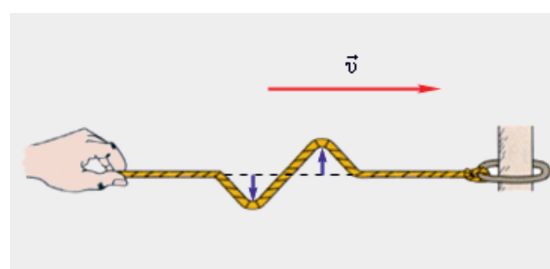
Нами была создана экспериментальная установка для исследования вибрационно-акустического воздействия звука на струю жидкости. Мы выяснили, что воздействие звука на тонкую струю приводит к возникновению неустойчивости течения струи. Рассчитаны критические частоты звука, которые приводят к поперечной неустойчивости струй жидкости и их зависимость от температуры и плотности жидкости. Результатом нашей работы является углубление знаний по физике, более полное понимание природы возникновения звуковых волн.

В дальнейшем мы хотим продолжить изучение распространение звуковой волны в различных условиях на примере фигур Хладни и трубки Рубенса.

Приложение 1



Продольная волна



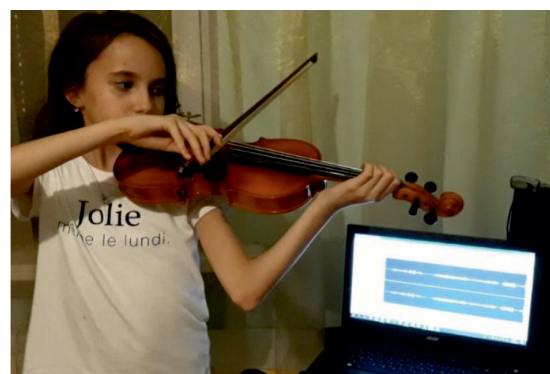
Поперечная волна

Приложение 2



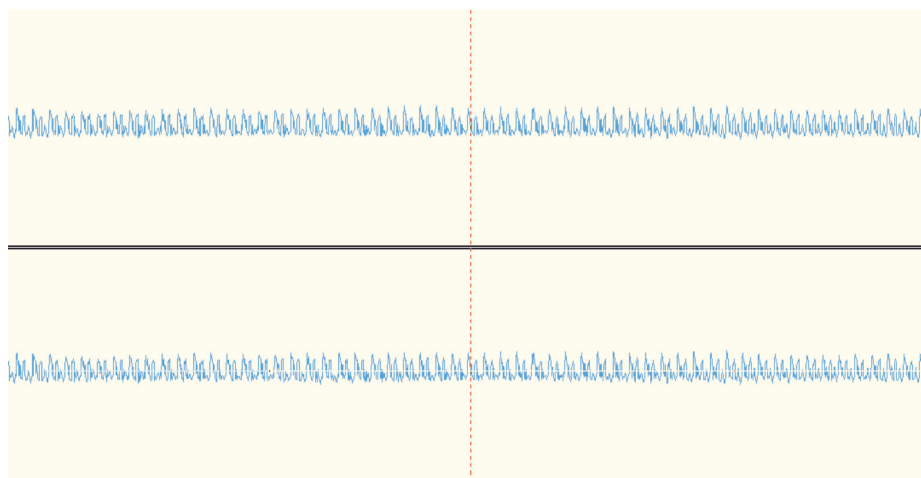
Фигуры Хладни

Приложение 3

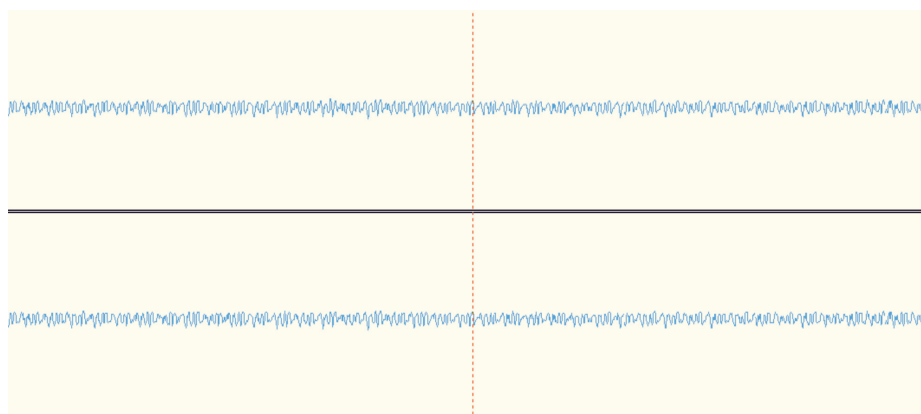


Извлечение звуковых волн с помощью скрипки

Зависимость высоты звука от частоты волны

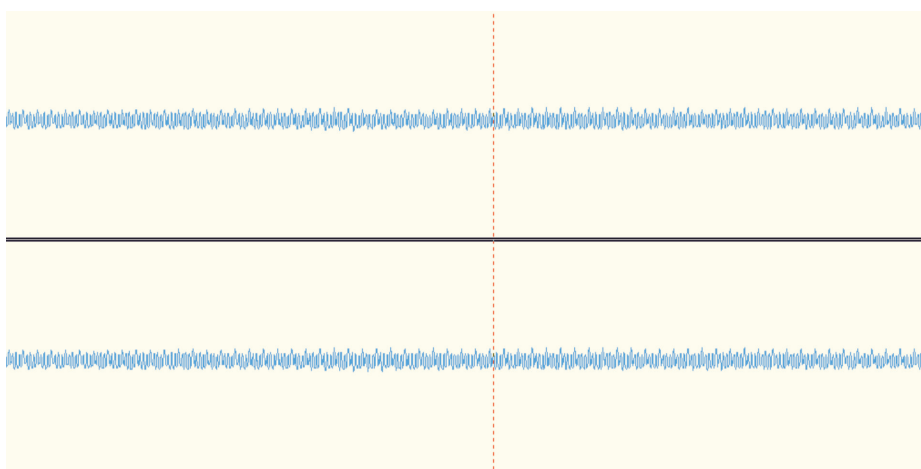


звук «ДО»-34 развертки

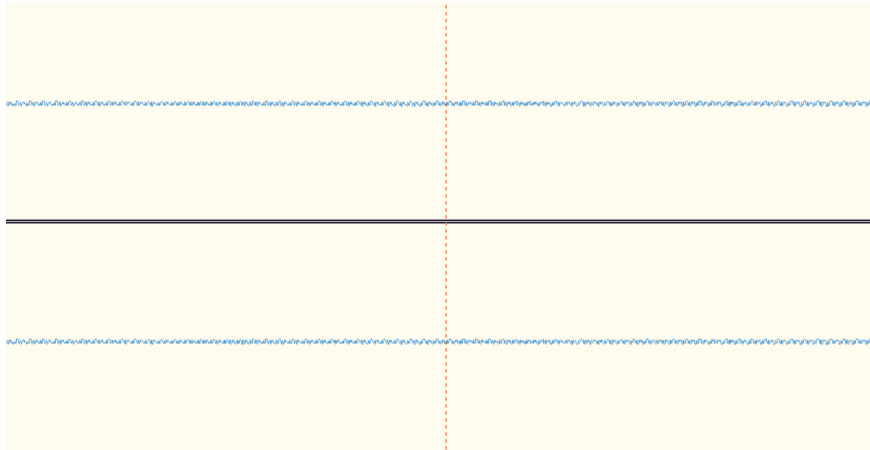


звук «ЛЯ»-80 разверток

Изменение амплитуды звуковой волны в зависимости от громкости звука



нота «РЕ» проиграна громко



нота «Ре» проиграна тихо

Приложение 6



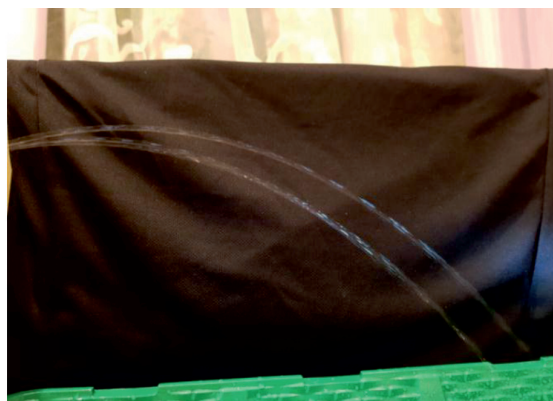
Установка для исследования звуковых волн различной частоты на струю жидкости

Приложение 7



Рабочий момент при создании установки

Изменение количества струй в зависимости от частоты

*Критическая частота-140Гц**Критическая частота-63 Гц**Критическая частота-110 Гц***Список литературы**

1. <https://ru.m.wikipedia.org>
2. Розенберг Л.Д. Обзор методов визуализации звука, «Акуст. ж.», 1955, т. 1, № 2, с. 99;
3. Применение звука в медицине: Физические основы: Пер. С англ. / Под ред. К. Хилла. – М.: Мир, 1989.
4. Грегуш П., Звуковидение, пер. с англ., М., 1982.
5. Клокин И.И. Удивительный мир звука. – 1978. – 166 с.
6. Кок У. Видимый звук.
7. <http://bourabai.ru/physics/3021.html>
8. <http://med-history.livejournal.com/92298.html>
9. <http://fb.ru/article/17478/zvukovyie-kolebaniya-prakticheskoe-primenenie-vliyanie-na-cheloveka>
10. <http://bourabai.ru/physics/0074.html>
11. http://fomina.ucoz.com/publ/kimatika/istorija_kimatiki/1-1-0-9