МАОУ «Лицей № 35 г.Челябинска»

**Музыка в стекле**

Исследовательский (творческий) проект

Автор:

**Воропаев Кирилл Львович**,

г. Челябинск, лицей № 35, класс 7

Научный руководитель:

Герасимова Анна Анатольевна,

Учитель математики МАОУ «Лицей № 35 г.Челябинска»

Челябинск - 2020

**Содержание**

Введение………………………………………………………………………………………….1

Теоретическая часть………………………………………………………………………….….2

1.1.Из истории создания музыкальных инструментов …………..……………………………2

1.2 Классификация музыкальных инструментов………………………………………………3

1.3 Звукообразующие элементы музыкальных инструментов…………………………..……4

1.4 Слуховое восприятие звуков ………………………………………………………….……6

Практическая часть. Экспериментальное исследование музыкального инструмента на основе стеклянных бутылок……………………………………………………………….…..7

Заключение……………………………………………………………………………………..9

Список используемой литературы……………………………………………………………10

Приложение

**Введение**

Мир звуков так многообразен,

Богат, красив, разнообразен,

Но всех нас мучает вопрос

Откуда звуки возникают,

Что слух наш всюду услаждают?

Пора задуматься всерьез.

Согласно толковому словарю, музыкальный инструмент — это предмет, с помощью которого музыканты извлекают звуки. Следовательно, музыкальные инструменты можно делать из самых разных вещей. Для того, чтобы исполнить музыкальное произведение не всегда нужны музыкальные инструменты в обычном смысле этого слова. Например, можно сыграть на пиле, ложках и даже стаканах, которые издают невероятные звуки!

Я решил создать свой музыкальный инструмент из бутылок. Оказалось, что стеклянные бутылки, наполненные водой -  отличный музыкальный инструмент.

В данной работе изложены результаты исследований зависимости тона звука от различных факторов. Толчком к данной работе было то, то ни в одном источнике я не нашел ответа на вопрос, от чего и как зависит тон звука, создаваемый в результате удара по бутылке с жидкостью. Ответам на эти вопросы и посвящена данная работа.

**Цель исследования:** исследовать зависимость тона, возникающего в результате удара по стеклянной бутылке с жидкостью, от различных факторов, а именно от:

1. Высоты столба жидкости. 2.Температуры жидкости. 3. Диаметра бутылки. 4.Рода жидкости.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд **задач**:

1. Проследить историю музыкальных инструментов.

2. Изучить музыкальные инструменты и их классификации.

3. Рассмотреть звукообразующие элементы музыкальных инструментов.

4. Смоделировать музыкальную установку из бутылок в домашних условиях.

5. Провести эксперимент по измерению тона, полученного от бутылок с разным наполнением.

6. Сыграть мелодию на полученном музыкальном инструменте.

7. Проанализировать полученные результаты.

Для достижения поставленной цели были использованы теоретические методы исследования – анализ научной и научно-популярной литературы; общенаучные методы (анализ, синтез, классификация, обобщение, систематизация). Экспериментальные методы – физический эксперимент, наблюдение.

В своей работе я выдвинул следующую **гипотезу**: из любых предметов можно создать музыкальный инструмент с особым звучанием.

**Объект исследования:** установка с бутылками, наполненными жидкостью.

**Предмет исследования:** звук бутылок.

**Практическая значимость работы** – в процессе исследования создан музыкальный инструмент, с помощью которого можно получать различные тона и играть небольшие музыкальные произведения.

Для решения поставленных задач были использованы следующие **методы исследования**:  
• анализ литературы, относящейся к объекту и предмету исследования;

• практический: ведение наблюдений, измерения, описание происходящих процессов в словесной и образной формах.

**Теоретическая часть**

**1.Музыкальные инструменты**

**1.1 Из истории создания музыкальных инструментов**

Невозможно представить себе человечество без музыкального искусства. Развлекая или воспитывая, мобилизуя или расслабляя, повышая работоспособность, излечивая или неодолимо заставляя танцевать, музыка пронизывает всю нашу жизнь, и едва ли существует нормальный человек, который не испытывал бы на себе то или иное влияние музыки. Легко проникая в среду человеческих эмоций, музыка может вызывать в слушателе значительные изменения режимов сердечной деятельности, дыхания, кровообращения. Как часто люди, даже знающие об отсутствии у них слуха и музыкальных способностей, не удерживаются от выражения своих настроений и чувств в пении! И поныне, несмотря на большие достижения в акустике, психологии, физиологии, природа воздействия музыки на человеческое существо еще далека до полного объяснения. Впрочем, без этой таинственности музыка, вероятно, не была бы тем, чем она является для человека.

Как возникла музыка? На этот счет существует множество предположений и гипотез. На заре человечества ритмы, которые являются одним из важнейших элементов музыки, по-видимому, помогали людям совершать одновременные и повторяющиеся действия, чтобы добиваться вместе того, что невозможно сделать в одиночку. Мелодический аспект музыки можно исторически связывать с развитием речи, интонационных средств ее выразительности. Таким образом, основы ритма и мелодии носили поначалу утилитарный характер, помогая человеку общаться и заниматься коллективным трудом. Музыка же возникла, видимо, тогда, когда наряду с применением упорядоченных последовательностей звуков в качестве элемента трудового процесса человек смог воспринимать эти звуки абстрактно, отдельно от трудового процесса, например, изображая труд при обучении или в ритуальных обрядах. В этом случае звуковые сочетания и последовательности уже возбуждали образное воображение человека, вызывали в нем определенные ассоциации, эмоции. Подражая крикам птиц и зверей, изображая гром или падение дерева, человек раскрывал и осваивал великое темброво-интонационное богатство звуков природы.

Так же, как первым элементом музыки в эволюции человека был ритм, так и первыми музыкальными инструментами были, по-видимому, ударные инструменты, подчеркивающие ритм. Однако и ударные звуки обладают некоторой высотной определенностью. Применяя соударяющиеся предметы разной массы и из различного материала, можно получить широкий набор звуков, различных по высоте и окраске; таким образом, последовательности звуков различных ударных инструментов создают некоторое подобие мелодии.

Натянутая тетива лука может звучать подобно струне. Если дунуть в срезанную камышинку, то откроется тот источник музыкального звука, потомками которого станут впоследствии духовые инструменты.

Относительно первых музыкальных инструментов так же, как и относительно истоков музыки, существует множество гипотез, основанных на археологических находках и результатах исследований современных человеческих племен, находящихся на низких стадиях общественного развития. Неоспоримо лишь одно: вся эволюция и совершенствование музыкальных инструментов органично сплетается с эволюцией человечества, его культуры и, в частности,— музыкальной культуры; и этот процесс не прекращается и не может кончиться, ибо любое совершенство — относительно. Развивается человек, более изысканной и разнообразной становится музыка, усложняются и совершенствуются музыкальные инструменты. Наиболее удачные приобретают классическую законченность и пользуются популярностью в течение веков. Таковы орган, клавесин, фортепиано, скрипка, флейта и др. Современное музыкальное искусство использует тысячи различных музыкальных инструментов, разнообразных по диапазонам звучания, тембрам звуков, внешним формам и пр. Этому способствует многообразие музыкальных направлений и жанров, особенности национальной культуры многочисленных народов разных стран. Многие инструменты обладают общими признаками, по которым их можно систематизировать.

**1.2 Классификация музыкальных инструментов**

В музыкальной практике используются различные виды музыкальных инструментов. Каждый вид инструмента имеет свою историю, связанную с эволюцией музыкальной культуры народов. Совершенствование музыкальных инструментов, изобретение новых их моделей способствовало развитию музыкальной культуры. Количество конструкций музыкальных инструментов составляет несколько сотен. Конструкция инструмента придает ему индивидуальные особенности, определяющие его тембровые и игровые возможности. Исходя из этих возможностей, различные инструменты используют для получения только им присущих музыкальных звуков или музыкально-эстетических оттенков исполняемой музыки. Однако самые разнообразные конструкции инструментов объединяет обязательное наличие элементов, обеспечивающих образование и распространение музыкальных звуков в окружающей среде. Эти элементы положены в основу классификации инструментов, например по видам звучащих тел: струнные (фортепиано, арфы, гитары, скрипки), язычковые (аккордеоны, баяны, гармони), духовые (саксофоны, кларнеты, флейты, органы), перепоночные (барабан, литавры), пластиночные (ксилофоны, маримбы, металлофоны), прочие (угольники, маракасы, кастаньеты), электронные (электроорганы, ударно- ритмические).

Струнные инструменты подразделяют на клавишные (пианино, рояли), щипковые (гитары, мандолины, домры, балалайки, арфы), смычковые (скрипки, альты, виолончели, контрабасы).

Язычковые инструменты можно поделить на инструменты с камерами переменного объема (аккордеоны, баяны, гармони), инструменты с камерами постоянного объема (фисгармонии с электроприводом), инструменты без специальных камер (губные гармони, духовые гармони).

Духовые инструменты делятся на лабиальные (флейты продольные и поперечные), амбушюрные (трубы, валторны, тубы), тростевые (саксофоны, кларнеты, фаготы).

Перепоночные и пластиночные инструменты объединяют в группу ударных.

Среди электронных инструментов можно выделить клавишные (электроорганы, электропианино, синтезаторы), кнопочно-клавишные (электробаяны, электроаккордеоны), эфирные (терменвоксы), ударно-ритмические автоматы (отдельные или встроенные в другие инструменты).

Среди национальных музыкальных инструментов выделяют также струнные, язычковые, духовые, перепоночные и пластиночные. Акустический аппарат национальных инструментов не представляет принципиальных отличий от классических традиционных инструментов.

**1.3 Звукообразующие элементы** **музыкальных инструментов**

Струнные музыкальные инструменты представляют собой акустические системы, в которых звукообразующими элементами (вибраторами) являются туго натянутые струны, а резонаторами — деки и объем корпуса инструмента. По методу возбуждения вибраторов они делятся на смычковые (скрипка, виолончель и др.), щипковые (арфа, гитара и др.) и ударные (фортепьяно и др.).

Щипковые инструменты делят на группы грифовых и безгрифовых. У инструментов первой группы (гитара, мандолина и др.) каждая струна в зажатом состоянии создает ряд основных тонов, а все струны вместе обеспечивают достаточно широкий частотный диапазон. Ко второй группе относятся инструменты, струны которых не изменяются по длине в процессе игры (арфа, цитра), поэтому для создания звучаний в широком частотном диапазоне число струн у них должно быть большим. Струны инструментов этого типа при возбуждении их щипком совершают собственные затухающие колебания. Мощность таких колебаний невелика.

Различие в характере щипка (мякотью пальцев, ногтями или медиатором) приводит к изменению частотного состава звучания. При щипке с помощью ногтей или медиатора атака получается более жесткой, а звуковой сигнал приобретает дополнительное число гармонических составляющих. Щипковые инструменты создают ряд импульсных свободно затухающих сигналов, следующих друг за другом. Время нарастания сигнала невелико, оно, как и время затухания, зависит от силы щипка, толщины и длины струны. Уменьшение этих параметров сокращает время послезвучания, что особенно характерно для звуков высокого регистра.

Струнные ударные инструменты. Наиболее часто используемый инструмент с ударным методом возбуждения струн — фортепиано. Будучи безгрифовым, этот инструмент для создания широкого звукоряда должен иметь большое количество струн.

В духовых инструментах звукообразующим элементом является объем воздуха, заключенного в трубе и совершающего колебания под воздействием воздушной струи, вдуваемой через отверстие. Усиление потока вдуваемого воздуха (передувание) вызывает повышение частоты колебаний. Изменить частоту сигнала можно еще путем изменения мензуры — отношения диаметра трубы к ее длине. У флейты это достигается изменением ее эффективной длины путем открытия и закрытия боковых отверстий, у органа же сменой труб, различающихся по длине или диаметру. По способу возбуждения духовые инструменты делят на три группы. Дульцевые, в которых возбуждение звуковых колебаний происходит при ударе вдуваемого потока воздуха о края отверстия, имеющегося в трубе (флейты, органные трубы). Язычковые, звук в которых возбуждается благодаря периодическому колебанию одной – двух пластинок, перекрывающих отверстие для вдувания воздуха (кларнет, гобой и др.). Язычковые с амбушюром, в которых роль пластинок выполняют губы исполнителя, прижатые к мундштуку (труба, валторна и др.).

Голосовой аппарат человека в режиме пения во многом сходен с музыкальными духовыми инструментами. В нем подача воздуха осуществляется так же, как у органа, а способ возбуждения колебаний такой же, как у язычковых инструментов с амбушюром. Управление интенсивностью и частотой сигнала происходит также путем изменения ряда физических параметров.

**1.4 Слуховое восприятие звуков**

**Звук** — упругие волны, продольно распространяющиеся в какой-либо упругой среде и создающие в ней механические колебания. Причина звука - вибрация (колебания) тел, хотя эти колебания зачастую незаметны для нашего глаза. Источники звука — физические тела, которые колеблются, т. е. дрожат или вибрируют. Вибрирующее тело может быть твердым, например, струна или земная кора, газообразным, например, струя воздуха в духовых музыкальных инструментах или в свистке или жидким, например, волны на воде.

Как известно, каждый музыкальный звук определяется 4-мя физическими свойствами: высотой тона, длительностью, громкостью и тембром (окраской).

**Тон** представляет собой восприятие естественной частоты звука и может восприниматься по-разному разными людьми. **Высота тона** — качество звука, определяемое человеком субъективно на слух и зависящее от частоты звука. Чем больше частота, тем выше тон звука. Звуковые колебания, происходящие по гармоническому закону, с определенной частотой, воспринимаются человеком как определенный музыкальный тон. Колебания высокой частоты воспринимаются как звуки высокого тона, звуки низкой частоты — как звуки низкого тона.

Любой музыкальный звук может быть не только высоким или низким, но также долгим или коротким. И это свойство звука называется **длительностью**.

**Громкость** — это параметр звука, характеризующий субъективное восприятие слухом интенсивности звука. Интенсивность звука — энергия, переносимая звуковой волной через единицу поверхности в единицу времени. Ухо способно воспринимать только те звуки, интенсивность которых выше порога слышимости, но меньше болевого порога ощущения. При одинаковой интенсивности громкость звуков различной частоты различна, т. е. на разных частотах одинаковую громкость могут иметь звуки разной интенсивности.

**Тембр** звука – это такое его качество, которое позволяет нам отличать звуки одних источников от звуков других. Например, мы легко отличаем звук рояля от звука скрипки даже тогда, когда звуки имеют одинаковую высоту.

Весь ряд музыкальных звуков выстроен в единую систему – **звукоряд**, то есть такой ряд, в котором все звуки следуют друг за другом по порядку, от самых низких до самых высоких звуков, или наоборот. Звукоряд разделяется на октавы – отрезки музыкального звукоряда, каждый из которых содержит набор одинаковых по названию нот – до, ре, ми, фа, соль, ля, си.

**Практическая часть.**

**Экспериментальное исследование музыкального инструмента**

**на основе стеклянных бутыл****ок**

Проведя теоретические исследования, связанные с темой моей работы, я сформулировал цель своей экспериментальной деятельности: собрать музыкальную установку с помощью бутылок.

Для проведения исследования мне понадобилось:

* 14 одинаковые стеклянные бутылки (поскольку в нотном ряду 7 нот, я выстроил 2 ряда по 7 нот);
* обычная деревянная палочка, которой я буду стучать по бутылкам, извлекая звук;
* жидкость: вода, соль, молоко, томатный сок;
* приемник звука — ухо.

Начинаем **эксперимент №1**:

1. Подвесил 7 бутылок в одну линию на небольшом расстоянии друг от друга.
2. Наполнил бутылки одну за одной холодной водой: первую бутылку налил воду и начал постукивать по ней палочкой и подбирать ноту «до», сравнивая со звуком на фортепиано в первой октаве, при этом то добавляя, то убавляя воду, пока не получил звук, близкий к ноте «до». Далее убавлял-доливал воду во вторую бутылку и сравнивал со звуком ноты «ре» в той же самой октаве. И так далее, пока не получил звуковой ряд из семи нот.
3. Взял деревянную палочку и начал играть простую мелодию.

**Результаты эксперимента № 1:**

Я выстроил бутылки в соответствии с нотным рядом и получил музыкальный инструмент, представленный на рис.1.

На полученном инструменте мне удалось сыграть простейшую мелодию: «В лесу родилась елочка».

Я составил таблицу, в которой определил, какой объем налитой воды соответствует музыкальной ноте (в мл.)

ВЫВОД:исходя из полученных в эксперименте данных, выяснил, что по мере увеличения объема жидкости в сосуде, частота колебаний уменьшается, увеличивается акустическое сопротивление, что приводит к уменьшению частоты звука, т.е. звук становится ниже, и наоборот. Это можно объяснить и по-другому: звук, извлекаемый из бутылок, напрямую связан с количеством воздуха, оставшегося внутри. Если незанятого водой пространства оказывается больше, то звук, резонируя от стенок, будет выше. Если, наоборот, воздуха в бутылке мало, а воды много, то и звук будет низким, басовым, принуждённым проходить в ограниченном воздушном пространстве.

**Эксперимент № 2**:

1. Взял то же количество воды, которую я налил в бутылки в соответствии с музыкальными нотами в эксперименте № 1, но подогрел ее до 90 градусов.
2. Налил подогретую воду в бутылки (в том же количестве).
3. Взял деревянную палочку и начал играть простую мелодию.
4. Зафиксировал звук.

**Результаты эксперимента № 2:**

Мне удалось выяснить, что температура воды не влияет на тон звука и тон остается такой же, как и в эксперименте №2.

**Эксперимент №3**:

1. Взял бутылки с тем же количеством воды, что и в эксперименте № 1.
2. Взял деревянную палочку и начал стучать мелодию не в месте, где налита вода, а в частях бутылки, наполненной воздухом, причем в одной и той же бутылке в трёх разных точках (ближе к горлу бутылке, посередине воздушного столба и ближе к уровню воды).
3. Зафиксировал звук.

**Результаты эксперимента № 3:**

Звук, полученный от постукивания палочкой в трех разных точках каждой бутылки, отличается в каждой бутылке и в одной бутылке в зависимости от точки постукивания. Из чего можно сделать вывод: на звук, раздающийся при постукивании о бутылку палочкой, влияет и площадь сечения бутылки (поскольку бутылки у нас одинаковой толщины и формы), и высота воздушного столба в бутылке. Эти особенности влияют на ход звуковых волн.

**Эксперимент № 4**:

1. Подвесил 7 бутылок в одну линию на небольшом расстоянии друг от друга во второй ряд.
2. Наполнил бутылки одну за тем же количеством холодной воды, что и в эксперименте №1.
3. В каждую бутылку воды добавил по 1 столовой ложке соли и растворил её.
4. Взял деревянную палочку и начал сравнивать звук каждой бутылки из первого ряда (без соли) со звуком каждой бутылки из второго ряда (с солью).
5. Зафиксировал звук.

**Результаты эксперимента № 4:**

Звук, полученный от постукивания палочкой в одном и том же месте бутылки с одинаковым количеством воды, но в одном случае без соли, а в другом-с солью, отличается. При добавлении соли высота тона звука понизилась.

**Эксперимент № 5**:

1. В каждую бутылку второго ряда налил одинаковое количество (60 мл.) разных веществ: вода, черный чай, столовый уксус, оливковое масло, томатный сок, апельсиновый сок, молоко.
2. Взял деревянную палочку и начал сравнивать звук каждой бутылки.
3. Зафиксировал звук.

**Результаты эксперимента № 5:**

Звук, полученный от постукивания палочкой в одном и том же месте бутылки с разными жидкостями, значительно отличается. Это можно объяснить тем, что каждая жидкость обладает своими особенными характеристиками: вязкость и плотность. Вязкость определяет текучесть жидкости. Плотность показывает, сколько массы содержится в определённом объеме вещества. Исходя из данного эксперимента, можно сделать вывод, что тон звука жидкости в бутылке увеличивается по мере увеличения плотности жидкости.

**Заключение**

Звук — это механические колебания, которые улавливают наши органы чувств, прежде всего слуховой аппарат. Звук имеет много характеристик: высоту тона, длительность, громкость и тембр. Вот как раз высота тона и влияет на характер слышимых звуков. Если высота тона низкая, то и звук будет низким, басовым. Если высокая, то звучание тоже будет высоким, хрустальным.

В ходе работы мне удалось подобрать нужное количество холодной воды, чтобы воссоздать практически весь нотный ряд, с помощью которого проиграть простой мотив мелодии. Таким образом, в домашних условиях, используя обычные стеклянные бутылки, мы создали музыкальный инструмент.

Исходя из проведенных экспериментов с бутылками, можно сделать следующее выводы:

1. По мере увеличения объема жидкости в сосуде, частота колебаний уменьшается, увеличивается акустическое сопротивление, что приводит к уменьшению частоты звука, т.е. звук становится ниже, и наоборот. Это можно объяснить и по-другому: звук, извлекаемый из бутылок, напрямую связан с количеством воздуха, оставшегося внутри. Если незанятого водой пространства оказывается больше, то звук, резонируя от стенок, будет выше. Если, наоборот, воздуха в бутылке мало, а воды много, то и звук будет низким, басовым, принуждённым проходить в ограниченном воздушном пространстве. Закон прост: чем полнее бутылка, тем выше звук.
2. Температура воды не влияет на тон звука, и тон остается такой же, как и в случае с холодной водой.
3. На звук, раздающийся при постукивании о бутылку палочкой, влияет и площадь сечения бутылки (поскольку бутылки у нас одинаковой толщины и формы), и высота воздушного столба в бутылке. Эти особенности влияют на ход звуковых волн.
4. Звук, полученный от постукивания палочкой в одном и том же месте бутылки с одинаковым количеством воды, но в одном случае без соли, а в другом-с солью, отличается. При добавлении соли высота тона звука понизилась.
5. Звук, полученный от постукивания палочкой в одном и том же месте бутылки с разными жидкостями, значительно отличается. Это можно объяснить тем, что каждая жидкость обладает своими особенными характеристиками: вязкость и плотность. Тон звука жидкости в бутылке увеличивается по мере увеличения плотности жидкости.

**Список используемой литературы**

1. Акустические характеристики музыкальных инструментов // [Электронный ресурс]. URL: [http://www.all-4-music.ru/index.php](http://www.all-4-music.ru/index.php?)
2. Алдошина И., Приттс Р. Музыкальная акустика. Учебник. — СПб.: Композитор, 2006. — 720 с.
3. История музыкальных инструментов // [Электронный ресурс]. URL: [http://www.blazonguitars.ru](http://www.blazonguitars.ru/)
4. Кузнецов Л.А. акустика музыкальных инструментов. Справ. М.: Легпромыздат, 1989. – 368с.
5. Характеристика музыкальных инструментов // [Электронный ресурс]. URL: <http://shkolniks.ru/>

**ПРИЛОЖЕНИЕ**



Рис. 1-Фото установки