**Муниципальное автономное общеобразовательное учреждение**

**средняя общеобразовательная школа № 17**

**Направление:** Физика

**Исследовательский проект**

на тему «Акустика в системе музыкального искусства»

**Автор:** Успешная Маргарита Игоревна,

ученица 11 класса,

МАОУ СОШ № 17

**Научный руководитель:** Макурин Алексей Сергеевич,

учитель физики,

МАОУ СОШ № 17

п. Левиха

2022 г.

**Оглавление**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Введение……………………………………………………………….. | 3 |
| 1. | Теоретическая часть…………………………………………………... | 5 |
| 1.1. | Что такое акустика……………………………………………………. | 5 |
| 1.2. | История развития акустики…………………………………………... | 5 |
| 1.3. | Основные направления современной акустики…………………….. | 8 |
| 1.4. | Музыкальная акустика………………………………………………... | 9 |
| **1.5.** | Физиологические характеристики звука……………………………. | 12 |
| 2. | Практическая часть…………………………………………………… | 13 |
| 2.1. | Исследование физиологических характеристик звука на примере своего голоса…………………………………………………………. | 13 |
|  | Заключение…………………………………………………………..... | 19 |
|  | Список литературы…………………………………………………… | 20 |

**Введение**

**Актуальность темы исследования.** Потребность в специальных акустических знаниях была и остается для музыкального искусства, во всех его проявлениях, одной из самых значительных. Прежде всего, это – свойства музыкального звука, некоторые, зависящие от акустики особенности организации произведения – фактуры, гармонии, особенности инструментовки, его художественной трактовки в исполнительской деятельности. Важной сферой этой науки является изучение свойств и, собственно, акустических возможностей музыкальных инструментов и певческого голоса.  Можно привести немало высказываний исследователей, из которых ясно, какой значительной для музыкального искусства, для музыковедения представляется акустика. Например, Е. В. Назайкинский отметил, что музыкальная акустика совместно с психологией музыки изучает «объективные физические закономерности музыки в связи с ее восприятием и исполнением».

**Проблемный вопрос:** какие существуют характеристики для исследования акустики в системе музыкального искусства?

**Цель исследования:** изучить физиологические характеристики звука на примере своего голоса.

**Задачи исследования:**

1. Собрать и обобщить необходимый материал по теме проекта.

2. Изучить, что такое акустика.

3. Ознакомиться с историей развития акустики.

4. Выяснить основные направления современной акустики.

5. Изучить, что такое музыкальная акустика.

6. Сформулировать физиологические характеристики звука.

8. Определить физиологические характеристики звука на примере своего голоса.

**Объект исследования:** акустика.

**Предмет исследования:** акустика в системе музыкального искусства (музыкальная акустика).

**Методы исследования:** теоретическийанализ литературы и источников сети Интернет,индукция, дедукция, конкретизация, обобщение, измерение, описание, анализ полученных данных.

**Гипотеза исследования:** в специально созданных условиях, можно провести исследование по выявлению физиологических характеристик звука на примере своего голоса, применив знания и навыки, полученные на занятиях по физике и музыки.

**1. Теоретическая часть**

**1.1. Что такое акустика**

Акустика (от греч. «acustikos» – слуховой) – в узком смысле слова – учение о звуке, то есть о волнах плотности в газах, [жидкостях](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%B4%D0%BA%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) и в [твёрдых телах](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D0%BE%D0%B5_%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BE), слышимых человеческим ухом (диапазон от 16 [Гц](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D1%80%D1%86_(%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)) до 20 кГц), а в широком смысле – область [физики](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%B0), изучающая свойства [упругих колебаний](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B) и волн от низких [частот](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%82%D0%B0) (условно от 0 Гц) до предельно высоких частот 1012 – 1013 Гц, их взаимодействия с веществом и применения полученных знаний для решения широкого круга инженерных проблем. Термином акустика сейчас также часто характеризуют систему звуковоспроизводящей аппаратуры.

Акустика – это наука о звуке, изучающая физическую природу звука и проблемы, связанные с его возникновением, распространением, восприятием и воздействием.

**1.2. История развития акустики**

Акустика как учение о звуке – одна из самых древних областей знания, зародившаяся из потребности дать объяснение явлениям слуха и речи, и в особенности, музыкальным звукам и инструментам.

I-й период истории развития акустики  – начиная с древней истории и до конца XVII в., характеризуется исследованиями системы музыкальных тонов и их источников (струны, трубы). Древнегреческий философ и математик Пифагор отмечал, что существует связь между высотой тона и длиной струны. В своих опытах он использовал монохорд. Монохорд состоит из основания (иногда – резонаторного ящика), на котором между двумя порожками (подставками) закреплена натянутая струна. Между ними находится подвижная подставка (прижимающая струну снизу), перемещением которой фиксируют звучащую часть струны.

Пифагор доказал, что особенно гармоничные комбинации тонов создают струны с одинаковым диаметром и натяжением, длины которых находятся в отношении 2:1 (говорят, что два таких тона отличаются на интервал в одну октаву). Интервал, известный под названием квинты, получается при отношении 3:2, а интервал, известный под названием кварты, получается при отношении 4:3. Деление струны на пять частей не рассматривалось, а все остальные звуковые отношения выводились из выше найденных числовых определений.

Пифагор ввел математическое объяснение основ гармонии и создал первый музыкальный строй, в основе которого лежала квинта.

Существует легенда, согласно которой Пифагор, проходя мимо кузницы, услышал гармоничное звучание металлических болванок, которое возникало при ударе кузнечных молотов.

Ученик Пифагора Гиппас изготовил четыре медных диска различной толщины, но одного диаметра, благодаря чему установил соотношения между массой дисков и музыкальными тонами. Таким образом, опыт Гиппаса следует трактовать как еще один метод установления музыкальных отношений.

Знаменитый древнегреческий врач Гиппократ (около 400 лет до н.э.) дал описание анатомии слухового органа и пришел к выводу, что звук проникает в мозг через барабанную перепонку.

Древнегреческий философ Аристотель (IV в. до н.э.) объяснил эхо отражением от препятствий, полагая, что звучащее тело создает попеременное сжатие и разрежение воздуха.

Ученик Аристотеля Аристоксен (IV в. до н. э.), исследуя природу пения и речи, установил между ними типологическое различие в колебаниях высоты тона и определил минимальный для слуха интервал высоты звука величиной в диесу (четверть тона).

Древнегреческий математик Эвклид (III в. до н.э.) сформулировал понятия созвучия и диссонанса. Консонанс двух тонов, говорил он, состоит в смешении их, диссонанс же, наоборот, есть неспособность этих звуков смешиваться – почему они и становятся для уха неприятными.

Попытка создания волновой теории звука по аналогии с закономерностями распространения волн на поверхности воды была предпринята в I в. до н.э. инженером из Рима М. Витрувиусом.

В то же время римский поэт и философ Тит Лукреций Кар уже постулировал модель слуха, согласно которой различные тоны воспринимаются небольшими крупицами «песка» во внутреннем ухе. Можно считать, что модель Лукреция как бы заложила основы «корпускулярной теории звука», весьма забавно предугадав открытие фононов современной квантовой акустики.

В эпоху Возрождения итальянский ученый, изобретатель и художник Леонардо да Винчи формулирует принцип независимости распространения звуковых волн от различных источников.

Итальянский анатом и врач Б. Евстахий  в своей работе «Письма об органе слуха», изданной в 1563 г., дал подробное описание органа слуха человека. Евстахий открыл соединительный канал между внутренним ухом и носоглоточным пространством (так называемая евстахиева труба).

В 1582 г. итальянский физик Г. Галилей открывает закон изохронности колебаний маятника (независимость периода колебаний маятника от амплитуды колебаний и массы груза).

В 1614–1618 гг. голландский ученый И. Бекман, изучая колебания струны, пришел к выводу об их изохронности, мотивируя его тем, что затухание звука, связанное с уменьшением амплитуды колебаний струны не сопровождается изменением тона ее звука. Он также установил, что частота тона обратно пропорциональна длине струны.

Исследования И. Бекмана не были опубликованы и стали известны только благодаря французскому ученому М. Мерсенну. В 1625 г. ученый обнаружил зависимость между частотой основного тона, натяжением, площадью поперечного сечения и длиной струны, а также открыл, что струна в большинстве случаев одновременно с основным тоном издает гармонические обертоны. В 1636 г. М. Мерсенн опубликовал работу «Книга о созвучиях» («Harmonicum libri»).

Активная исследовательская деятельность многих учёных в XIX и XX веках сформировала современную акустику, как науку, охватывающую широкий спектр явлений, связанных с созданием, распространением волн и взаимодействием их со средой.

**1.3. Основные направления современной акустики**

Общая (физическая) акустика – теория излучения и распространения звука в различных средах, теория дифракции, интерференции и рассеяния звуковых волн. Линейные и нелинейные процессы распространения звука.

Архитектурная акустика – законы распространения звука в закрытых (полуоткрытых, открытых) помещениях, методы управления структурой поля и т. д.

Строительная акустика – защита от шума зданий, промышленных предприятий (расчет конструкций и сооружений, выбор материалов и т.д.).

Психоакустика – основные законы слухового восприятия, определения связи объективных и субъективных параметров звука, определения законов расшифровки «звукового образа».

Музыкальная акустика – проблемы создания, распространения и восприятия звуков, используемых в музыке.

Биоакустика – теория восприятия и излучения звука биологическими объектами, изучение слуховой системы различных видов животных и др.

Электроакустика – теория и практика конструирования излучателей и приемников, преобразующую электрическую энергию в акустическую и наоборот, а также всех элементов современных звуковых трактов записи, передачи и воспроизведения звука.

Аэроакустика (авиационная акустика) – излучение и распространение шумов в авиационных конструкциях.

Гидроакустика – распространение, поглощение, затухание звука в воде, теория гидроакустических преобразователей, теория антенн и гидроакустических эхолокаторов, распознавание движущихся объектов и др.

Акустика транспорта – анализ шумов, разработка методов и средств звукопоглощения и звукоизоляции в различных видах транспорта (самолетах, поездах, автомобилях и др.)

Медицинская акустика – разработка медицинской аппаратуры, основанной на обработке и передаче звуковых сигналов (слуховые аппараты, диагностические приборы).

Ультрозвуковая акустика – теория ультразвука, создание ультразвуковой аппаратуры, в т. ч. ультразвуковых преобразователей для промышленного применения в гидроакустике, измерительной технике и др.

Квантовая акустика (акустоэлектроника) – теория гиперзвука, создание фильтров на поверхностных акустичесих волнах.

Акустика речи – теория и синтез речи, выделение речи на фоне шумов, автоматическое распознавание речи и т. д.

Цифровая акустика – связана с созданием нового поколение микропроцессорной (аудиопроцессорной) и компьютерной техники.

Таким образом, на сегодняшний день наиболее известны основные направления современной акустики, описанные выше.

**1.4. Музыкальная акустика**

**Музыкальная акустика** – наука, изучающая природу музыкальных звуков и созвучий, а также музыкальные системы и строи. Своей основой она имеет физическую акустику (законы колебания упругих тел, законы резонанса, интерференции звуков и т.д.) и психофизиологию слуха (свойства органа слуха, слуховых ощущений, восприятий и представлений). В свою очередь, музыкальная акустика служит основой для понимания ряда явлений, рассматриваемых в учении о гармонии (консонанс и диссонанс, построение и соединение созвучий, зависимость их звучания от регистра, образование ладов и т.д.): в инструментоведении (звуковые качества музыкальных инструментов, а также певческих голосов, музыкальный строй и настройка музыкальных инструментов), в оркестровке (сочетания тембров музыкальных инструментов, искажения созвучий тонами совпадения и комбинационными тонами, маскировка звуков звуками).

Основной объект изучения музыкальной акустики – музыкальный звук. В музыке употребляются главным образом звуки, обладающие определенной высотой, тембром и громкостью (собственно музыкальные звуки). Звуки, обладающие двумя свойствами – тембром и громкостью (музыкальные шумы), могут также найти место в музыкальном произведении, но лишь при определенных условиях и в ограниченных масштабах. Наш слух воспринимает звуки приблизительно в пределах от 16 до 20 000 Гц, частотный же диапазон звуков, применяемых в музыке, находится в пределах от 16 до 4 500 Гц (приблизительно). Звуки с частотой свыше 4 500 Гц бедны обертонами и поэтому маловыразительны. Громкостный диапазон звуков, применяемых в музыке, также значительно уже диапазона звуков, воспринимаемых нашим слухом. Звуки, близкие к слуховому порогу (очень тихие) и звуки, близкие к болевому порогу (очень громкие), как правило, не применяются в музыке, т.к. первые требуют от нас напряженного внимания, вторые вызывают в нашем органе слуха неприятное давление и болевые ощущения.

Злоупотребление шумами и звуками, находящимися за пределами обычных норм художественного восприятия, является одной из характерных черт современной рок-музыки.

Музыкальная практика чаще всего пользуется созвучиями, в основе которых лежит терцовое соотношение звуков. Этот факт объясняется тем, что терции обладают сравнительно с другими интервалами особой характерностью: большая терция звучит мажорно, малая – минорно. Связь между звуками, образующими созвучие, обусловленная общими обертонами, может быть сильной и слабой. В зависимости от характера связей между звуками созвучие может звучать мягко (консонанс) и жестко (диссонанс). Связями между звуками объясняется также последовательность созвучий, наиболее часто встречающаяся в музыкальной практике. Организация звуков по высоте образует звуковую (музыкальную) систему. Звуковые системы возникли путем слухового отбора звуков, зависящего от различных социально обусловленных эстетических принципов.

Всякая звуковая система характеризуется: диапазоном (расстоянием между ее крайними по высоте звуками) и звуковым заполнением (количеством звуков в пределах диапазона и их интервальными соотношениями). Расположение звуков в последовательном порядке по возрастающей или убывающей высоте дает звукоряд. Для определения диапазона системы пользуются звукорядом, сведенным в гамму, т.е. сжатым до границ, не превышающих одну октаву. Например, звукоряд можно изложить в виде гаммы. Различают трехзвуковые системы (например, в диапазоне кварты), пятизвуковые (в диапазоне сексты или септимы), семизвуковые (в пределах септимы) и т.п. Звуковые системы возникают в практике музыкального искусства – народного и профессионального. Стремление определить и зафиксировать при помощи математических формул частотные (высотные) отношения между звуками музыкальных систем приводит к созданию математических строев. Эти строи служат основой для настройки музыкальных инструментов с фиксированной высотой звуков (например, 12-звуковой равномерно темперированный строй, принятый в музыке) и носят чисто теоретический (математический) характер. В пении, вообще не опирающемся на фиксированный звукоряд, а также при исполнении на инструментах с частично фиксированной высотой звуков (например, скрипка с ее четырьмя настроенными струнами) и на духовых инструментах реальное звучание лишь приблизительно соответствует математическим расчетам, характеризующим тот или иной строй. Но даже у инструментов с полностью фиксированным звукорядом (фортепиано) настройка в каждом отдельном случае производится с большим или меньшим приближением к математически точной высоте («приближённый строй») и с течением времени (в частности, в связи с употреблением инструмента) подвергается изменениям, не улавливаемым в определенной звуковой зоне нашим слухом.

**1.5. Физиологические характеристики звука**

**1.Громкость звука.**

**Громкость** (степень слышимости звука) определяется как интенсивностью звука (амплитудой колебаний в звуковой волне), так и различной чувствительностью человеческого уха на разных частотах. Наибольшей чувствительностью человеческое ухо обладает в диапазоне частот от 1 ООО до 5000 Гц.

С возрастом порог слышимости человека возрастает. Следует отметить, что болевой порог изменяется в зависимости от частоты не столь существенно, как порог слышимости.

При увеличении интенсивности в 10 раз уровень громкости увеличивается на 20 дБ. Вследствие этого звук в 50 дБ оказывается в 100 раз интенсивнее звука в 30 дБ.

Громкость звука зависит от амплитуды колебаний. Чем больше амплитуда колебаний, тем громче звук. Значит, громкость звука зависит от амплитуды колебаний в звуковой волне.

О звуках различной громкости говорят, что один громче другого не во столько-то раз, а на столько-то единиц.

Единицей громкости в СИ является один децибел (1 дБ). Она названа в честь американского учёного Александера Грейама Белла – изобретателя телефона и слуховых аппаратов для глухих.

Громкость звука измеряют специальным прибором – сонометром. Например, громкость шелеста листвы составляет 10 дБ, шёпота – 20 дБ уличного шума – 70 дБ и т. п.

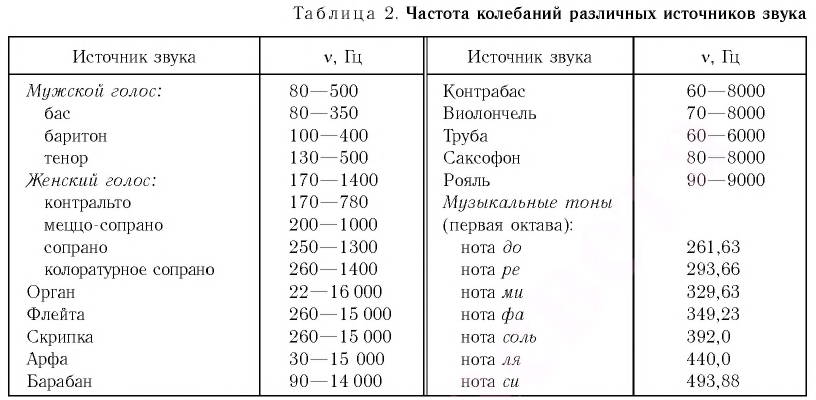
2. Высота звука.

Высота звука зависит от частоты колебаний. Чем больше частота колебаний источника звука, тем выше издаваемый им звук.

**Высота звука** определяется частотой звуковых колебаний, обладающих наибольшей интенсивностью в спектре.

**3. Тембр звука.**

**Тембр** (оттенок звука) зависит от того, сколько обертонов присоединяются к основному тону и какова их интенсивность и частота. По тембру мы легко отличаем звуки скрипки и рояля, флейты и гитары, голоса людей и т. д.



Таким образом, основными физиологическими характеристиками звука являются – громкость, высота и тембр.

**2. Практическая часть**

**2.1. Исследование физиологических характеристик звука на примере своего голоса**

**Заключение**

**Список литературы**

1. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Чаругин В. М., Классический курс. Физика. 11 кл.: учебник. – М.: Просвещение, 2014

2**.** **Перышкин А.В., Гутник Е.М. Физика. 9 кл.: учебник. – М.: Дрофа, 2014**

Интернет источники:

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Акустика> «Что такое акустика»
2. <https://videouroki.net/razrabotki/kratkaya-istoriya-razvitiya-akustiki.html> «История развития акустики»
3. <https://science.fandom.com/ru/wiki/Акустика> «Основные направления современной акустики»
4. http://diafon.ru/muzykalnaya-akustika/ «Музыкальная акустика»
5. <https://www.evkova.org/zvuk-v-fizike> «Физиологические характеристики звука»