

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

Прикладные вопросы физики

**Звук**

Кузякова Дарья Константиновна,  
10 кл., МБОУ "Лицей №1" г. Перми,

Саввина Марина Витальевна,  
учитель физики МБОУ "Лицей №1"

Пермь. 2017.

## Оглавление.

Предисловие	- 3
Первая часть. Теория, общие сведения	- 3
Возникновение звука	- 4
Звук в космосе	- 5
Практика	- 5
Музыкальные бокалы	- 6
Вторая часть. Теория	- 7
Соотношения между длиной струны и высотой звука	- 10
Физические основы игры на музыкальных инструментах	- 11
Практика	- 14
Будущее музыкальных инструментов	- 14
Выводы первой части	- 16
Выводы второй части	- 18

## Предисловие.

Современный мир полон различных звуков. Человек настолько привык к ним, что мир без звука кажется почти невозможным. Но человек может не догадываться, насколько велико разнообразие звуков.

## Часть первая.

Теория.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ:

**Звук** - физическое явление, порождаемое колебательными движениями частиц воздуха или другой среды. Звуковыми называются колебания, пригодны для восприятия слухом, в диапазоне от 16 Гц-20 000 Гц. Колебания выше данной границы называют ультразвуком, а ниже - инфразвуком.

Можно дать звуку и другое определение - это упругая волна. Упругими волнами в физике принято называть механические возмущения, распространяющиеся в упругой среде; упругой средой называют среду, в которой может возникать сила упругости. Например: воздух, вода.

Звук можно характеризовать с разных сторон:

**Амплитуда колебаний** – наибольшее по модулю отклонение колеблющегося тела от положения равновесия.

**Частота колебаний** - число колебаний в единицу времени. Обозначается  $\nu$ (ню) измеряется в количестве колебаний в секунду-Герц (Гц).

**Высота звука** - свойство звука, определяемое человеком на слух и зависящее в основном от частоты звука, то есть от числа колебаний среды (обычно воздуха) в секунду, которые воздействуют на барабанную перепонку человека. С увеличением частоты колебаний растёт высота звука.

**Сила (громкость) звука** - громкость звука, определяемая размахом (амплитудой) колебания, напряжением волны, а также и высотой: звуки одинаковой силы, но различной высоты воспринимаются как звуки различной громкости.

**Основной тон звука** - тон, издаваемый звучащим телом, колеблющимся с наименее возможной для него частотой; первый по порядку звук натурального звукоряда

**Спектр звука** — совокупность простых гармонических волн, на которые можно разложить сложную звуковую волну.

**Чистый тон звука** - звук источника, совершающего гармонические колебания одной частоты.

**Мощность звука** - энергия, передаваемая звуковой волной через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Среднее по времени значение  $M$ . з., отнесённое к единице площади, наз. интенсивностью звука.

**Скорость звука** - скорость распространения упругих волн в среде; она зависит от характеристик проводящего звук вещества.

**Тембр** (голоса/ муз. инструмента)- субъективно воспринимаемая особенность звука в виде его окраски, связанная с одновременным воздействием разно-частотных звуковых колебаний, входящих в состав сложного звука.

И другие.

#### ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЗВУКА:

Любой источник звука колеблется, НО не всякое колеблющееся тело является источником звука. Шелест листьев, раскаты грома - результат колебания масс воздуха .Звуки голосов людей многих животных- результат колебания голосовых связок.

*Опыты, доказывающие, что источник звука колеблется:*

Игла, привязанная к концу музицирующего камертона, острие которой прислонено к закопчённому стеклу, описывает синусоиду. Это свидетельствует о том, что ветви камертона движутся , издавая звук.

Распространение звука. Для раскрытия данного понятия нам понадобятся некоторые определения:

**Звуковые волны** - возмущение распространяющейся , удаляясь от места его возникновения, в пространстве.

**Звуковой луч** - направление распространения звуковых волн (продольные, поперечные, упругие)

**Возмущение** - изменение физической величины, характеризующее состояние среды.

**Передающая среда**-вещество, в котором, от источника к приёмнику, распространяется звук.

Звук распространяется только при наличии вещества ( следовательно в вакууме его нет).

Рассмотрим пример, описанный в учебнике физики 9 класса:

Пока будильник будет помещён под купол, внутри которого есть воздух, звук, исходящий от будильника будет слышен. Однако стоит только выкачать из-под купола воздух, создав тем самым вакуум, мы перестанем слышать какой-либо звук.

**Скорость звука** - скорость распространения упругих волн в среде; она зависит от характеристик проводящего звук вещества. Она зависит от плотности проводящей среды.

## **Практика.**

**История стеклянных инструментов.** В начале XVII века, когда человек научился создавать из стекла весьма тонкие изделия, кто-то заметил, что если провести пальцем по краю влажного бокала, то раздастся звук. Попытки использовать хрустальные бокалы как настоящие музыкальные инструменты предпринимались неоднократно. К концу семнадцатого столетия технология игры на бокалах была забыта, и лишь в 1744 году ее заново открыл ирландец Ричард Пакрич. Со своим набором музыкальных стаканчиков, которому Пакрич дал имя «Серафим», он совершил триумфальное турне по всей Англии.

Помимо гармоник и органа, существует еще ряд кристаллофонов:

**Стеклянные «ударные».** В принципе, они отличаются от своих стальных и деревянных собратьев только материалом изготовления. Например, широко используется стеклянный ксилофон (или маримба), а также гласкورد, где удары по стеклянным емкостям с жидкостью производятся посредством клавиатуры. В тайской музыке используется инструмент «ранат каэо», в котором музыкант деревянным молоточком стучит по подвешенным стеклянным палочкам.

**Стеклянная флейта,** в принципе, представляет собой обыкновенную пан-флейту, только сделанную из стекла. Естественно, она гораздо больше обычной флейты — в слишком тонких стеклянных трубках звук будет не таким густым и сильным.

\*Стеклянная гармоника. В конце восемнадцатого века в Лондон прибыл Бенджамин Франклин. В Лондоне Франклин впервые услышал игру на стеклянной арфе, составленной из бокалов. Бенджамин Франклин был захвачен всеобщим увлечением стеклянной гармоникой, и с того момента великий человек хотел сделать стеклянный инструмент более доступным, чтобы на нем мог играть любой, а не только специально обученный человек.

По утверждению исследователей, Франклину принадлежит идея ножного привода к вращающейся оси со стеклянными чашечками. Нижний край чашечек погружался в специальное корытце с водой. Вращение вала осуществлялось при помощи педали, и вал равномерно увлажнялся. Прикосновение пальцев к влажным краям чашечек порождало невероятно нежный звук своеобразного тембра. Для этого музыкант мог просто класть пальцы на полусферу.

**МУЗЫКАЛЬНЫЕ БОКАЛЫ.**

Музыкальную арфу нетрудно соорудить дома. Варьируя размеры бокалов, их форму и количество воды, музыканты добивались диапазона в три октавы! Чем тоньше стекло, тем лучше. Пальцы должны быть чистыми и влажными. Нужно постоянно смачивать их и аккуратно, нежно водить по краю бокала — тогда звук наберет силу. При извлечении звука образуются стоячие волны (случай интерференции (сложение в пространстве двух или нескольких звуковых волн, при котором в разных точках получается усиление или ослабление амплитуды результирующей волны.), при котором две волны с одинаковой амплитудой накладываются друг на друга) — бокал совершает невидимое для глаз колебательное движение. По типу рассматриваемые колебания относятся к автоколебаниям, схожий механизм возбуждения звука и у скрипки. Основную роль в их возникновении играет сила трения: между смычком и струной, пальцем и краем бокала.

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ .

### Теория.

Я считаю звук вполне измеримой, почти математической единицей. Сейчас объясню почему. Музыкальный звук почти идеален, слишком чист и имеет особо определенный эталон, а, следовательно, и множество характеристик. Немного о последних:

**Тембр** (голоса/ муз. инструмента)- субъективно воспринимаемая особенность звука в виде его окраски, связанная с одновременным воздействием разно-частотных звуковых колебаний, входящих в состав сложного звука. В зависимости от тембра различают 6 основных видов певческих голосов среди мужчин и женщин:

1. *Мужские*. Тембр голоса мужчины бывает трех видов:

-тенор - это самый высокий мужской голос. Бывает лирическим или драматическим. Диапазон – ноты малой и первой октав ;

-баритон - это мужской голос, средний между тенором и басом. Диапазон звуков, которые может спеть баритон, заключается в пределах «Ля» большой октавы до «Ля» первой октавы.

-бас - наиболее низкий тембр голоса в сравнении с вышеперечисленными тембрами. Он бывает центральным или певучим. Голос самый низкий, может петь звуки от «Фа» большой октавы до «Фа» первой.

2. *Женские.* Тембры женского голоса тоже имеют 3 вида:

-сопрано - это очень высокий тембр голоса. Бывает лирическое сопрано, драматическое и колоратурное. Диапазон – две октавы (целиком первая и вторая октава).

-меццо-сопрано средний по высоте между сопрано и контральто; Диапазон этого голоса – две октавы (от «Ля» малой октавы до «Ля» второй).

-контральто - это низкий голос. Певицы с таким голосом в операх нередко поручают партии мальчиков-подростков.

**ВЫВОД:** на основе данных звуковых рамок было установлено, что мой голос относится к меццо-сопрано.

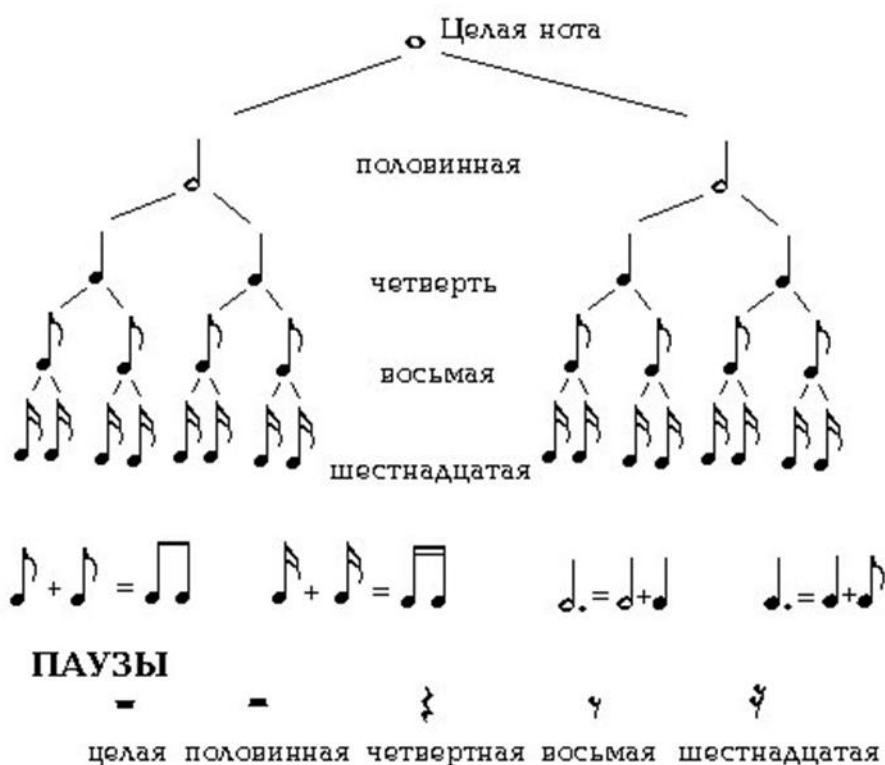
-**Высота звука** определяется частотой колебаний вибрирующего тела. Чем чаще колебания, тем выше звук, и наоборот.

-**Громкость звука** определяется энергией колебательных движений, то есть амплитудой колебаний. Чем шире амплитуда колебаний, тем громче звук, и наоборот:

ЧАСТИЧНЫЕ ТОНЫ, или обертоны - это неизбежные примеси, присутствующие в звуке любой природы. Шумовые звуки не имеют точно выраженной высоты, например треск, скрип, стук, гром, шорох и т. Поэтому шумовые инструменты применяются лишь в качестве украшения или придания музыке эмоциональной насыщенности. К таким инструментам относятся почти все ударные: треугольник, малый барабан, разнообразные виды тарелок, большой барабан и др. Отличать шумовые инструменты надежнее по тому критерию, возможно ли на данном инструменте исполнить мелодию, или нет.

*Кроме того, в музыке имеет большое значение длительность звука. От того, что звук будет продолжительнее или короче, не меняется его физический характер, однако с точки зрения музыки длительность звука имеет столь же большое значение, как и остальные его свойства, поскольку от длительности зависит художественное содержание звука, или другими словами, его "настроение".*

**Ритмом** называется соотношение длительностей звуков в их последовательности.



Семь названий основных ступеней периодически повторяются в звукоряде и таким образом охватывают собой звуки всех основных ступеней, по всей длине частотной шкалы. Это связано с тем, что каждый восьмой звук, считая вверх (не используя черных клавиш), образуется от удвоения частоты колебаний первого звука.

Ноты	Суббконт-октава	Контр-октава	Большая	Малая	Первая	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая
ДО	16,35	32,70	65,41	130,82	261,63	523,26	1046,52	2093,04	4186,08
ДО диез	17,32	34,65	69,30	138,59	277,18	554,36	1108,72	2217,44	4434,88
РЕ	18,35	36,71	73,42	146,83	293,66	587,32	1174,64	2349,28	4698,56
РЕ диез	19,45	38,89	77,78	155,57	311,13	622,26	1244,52	2489,04	4978,08
МИ	20,60	41,20	82,41	164,82	329,63	659,26	1318,52	2637,04	5274,08
ФА	21,83	43,65	87,31	174,62	349,23	698,46	1396,92	2793,84	5587,68
ФА диез	23,12	46,25	92,50	185,00	369,99	739,98	1479,96	2959,92	5919,84
СОЛЬ	24,50	49,00	98,00	196,00	392,00	784,00	1568,00	3136,00	6272,00
СОЛЬ диез	25,96	51,91	103,83	207,65	415,30	830,60	1661,20	3322,40	6644,80
ЛЯ	27,50	55,00	110,00	220,00	440,00	880,00	1760,00	3520,00	7040,00
ЛЯ диез	29,14	58,27	116,54	233,08	466,16	932,32	1864,64	3729,28	7458,56
СИ	30,87	61,74	123,47	246,94	493,88	987,76	1975,52	3951,04	7902,08

Следовательно, он соответствует второму частичному тону первого (исходного) звука и поэтому практически с ним сливается по ощущениям слушателя. Расстояние между звуками одинаковых ступеней называется октавой. Таким образом, весь звукоряд можно разделить на октавные участки. Началом октавы принято считать звук "до". Весь звукоряд состоит из семи полных октав и нескольких звуков, образующих две неполные октавы по краям звукоряда (на концах фортепианной клавиатуры). Названия октав (от низких звуков к высоким звукам) следующие: СУБКОНТРОКТАВА, КОНТРОКТАВА, БОЛЬШАЯ ОКТАВА,



МАЛАЯ ОКТАВА, ПЕРВАЯ ОКТАВА, ВТОРАЯ ОКТАВА, ТРЕТЬЯ ОКТАВА, ЧЕТВЕРТАЯ ОКТАВА и ПЯТАЯ ОКТАВА. Когда Вы садитесь за клавиатуру фортепиано точно посередине ее длины, то прямо перед Вами окажутся клавиши ПЕРВОЙ ОКТАВЫ, звучание которых наиболее близко к высоте спокойно говорящего женского голоса.

*Соотношение высот звуков музыкальной системы называется **музыкальным строем**. Эталоном для настройки музыкальных инструментов, от которого строится весь остальной звукоряд, служит частота 440 Гц - нота "Ля" первой октавы. В общепринятой для Европы и Америки музыкальной системе каждая октава делится на двенадцать равных частей - полутонов. Такой музыкальный строй называется **темперированным строем**. Он отличается от натурального звукоряда (строга) тем, что все полутоны октавы в нем равны.*

Благодаря тому, что октава разделена на 12 равных полутонов, полутон является самым узким расстоянием между звуками музыкальной системы. Расстояние, образованное двумя полутонами, называется целым тоном. Целые тоны, образующиеся между основными ступенями, разделены на полутоны. Звуки, которые делят их на полутоны, извлекаются на фортепиано на черных клавишах. Таким образом, октава состоит из двенадцати звуков, расположенных на равном расстоянии друг от друга, но из них только семь звуков являются основными для звукоряда. Выше было сказано, что все полутоны октавы в темперированном строе равны. Благодаря этому один и тот же звук может быть производным от повышения основной ступени, находящейся полутоном ниже его, или производным от понижения основной ступени, находящейся полутоном выше его, например фа-диез и соль-бемоль - это одна и та же клавиша фортепиано.

## Соотношение между длиной струны и высотой звука.

Историческая справка: до середины 20 века для игры на струнных муз. Инструментах использовались кишечные(из кишок овец) или шелковые струны. На них не было обвития. Какие плюсы витых струн нам известны:

Плюсы обмотки:

- 1) ввиду возрастания эластичности , звук получил возможность делиться на большее количество частот;
- 2)играть, ввиду повышения эластичности стало легче(податливость смычку, ощущение пальцев правой руки);
- 3)металлическая обмотка привнесла новую окраску тембру;

Для повышения гибкости струны был предпринят ряд нововведений касающихся самой основы струны. По ходу развития металлургии стали изготавливать струны из драг. металлов, стали, никеля вольфрама, и наконец синтетического волокна.













Наиболее важный вклад внес Пифагор благодаря своему открытию, что длины струн, издающих музыкальные звуки, связаны между собой простыми числовыми

соотношениями: например, чтобы от ноты «До» перейти к следующей ноте «До», более низкой, используем струну вдвое длиннее, то есть их длины относятся как 2:1. Для промежуточных нот в порядке возрастания (ре, ми, фа...) используем струны, длины которых, начиная от первой, относятся как 16:9, 8:5, 3:2, 4:3, 6:5, 16:15.

Обычно числовые отношения между нотами в музыке выражаются через их частоты (число колебаний в секунду), где за основу взято нижнее до, как показано в следующей таблице:

До	Ре	Ми	Фа	Соль	Ля	Си	До
264	297	330	352	396	440	495	528
1/1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2/1

Заметим, что если длина струны увеличивается в некотором отношении, частота уменьшается в том же отношении. Физический смысл этого заключается в следующем: длина струны составляет половину длины звуковой волны, которая генерируется при ее колебании. Поскольку  $v = \lambda \nu$ , где  $v$  – скорость распространения волны,  $\lambda$  – ее длина,  $\nu$  – частота колебаний, получаем, что если использовать струны с одинаковыми характеристиками (и, следовательно, с той же скоростью распространения звуковых волн), длина струны и частота ее колебаний будут обратно пропорциональными величинами.

	<b>ч1 0 тонов</b> чистая прима		<b>ч5 3,5 тона</b> чистая квинта
	<b>м2 0,5 тона</b> малая секунда		<b>м6 4 тона</b> малая секста
	<b>б2 1 тон</b> большая секунда		<b>б6 4,5 тона</b> большая секста
	<b>м3 1,5 тона</b> малая терция		<b>м7 5 тонов</b> малая септима
	<b>б3 2 тона</b> большая терция		<b>б7 5,5 тонов</b> большая септима
	<b>ч4 2,5 тона</b> чистая кварта		<b>ч8 6 тонов</b> чистая октава

Из приведенных выше таблиц ясно видно, что наиболее приятным для восприятия будет интервал, частоты в составе которого образуют простые отношения (квинта-3/2, кварта-

4/3, большая терция- 6/5, большая секста- 5/3). А самым неприятным для восприятия звук, частоты которого сплетаются в сложном соотношении(1,0509/1-секунда).

## Физические основы игры на музыкальных инструментах.

Натянутая струна может колебаться с частотой, зависящей от её длины, плотности и силы натяжения.

В клавишных (рояль, пианино) и щипковых (клавесин, гитара, балалайка, лютня, домра) струнных инструментах струна получает энергию от удара молоточка или если её дёргают пальцами или специальными крючками. Звук постепенно затихает, потому что колебания струны передаются резонансной деке и рассеиваются в воздухе.

В смычковых струнных инструментах(скрипка, альт, виолончель, контрабас) энергия подводится к струне непрерывно, при помощи движения смычка. Конский волос, натертый для трения канифолью, своими неровностями непрерывно зацепляет струну и вызывает продолжительный звук, не затихающий всё время движения смычка.

Классический музыкальный инструмент можно рассматривать как «механо-акустический преобразователь, в котором под действием внешних сил происходят вибрации упругих тел и излучение звука в окружающее пространство». В музыкальных энциклопедиях обычно дается такое определение: «музыкальный инструмент — это система для производства (создания, извлечения) музыкальных звуков». Иногда используется другое понятие: «Музыкальный инструмент — устройство (прибор) для перевода исполнителем символических знаков (нот) в соответствующие музыкальные звуки».

Состав музыкального инструмента включает в себя следующие основные элементы (хотя среди огромного многообразия музыкальных инструментов эти элементы не всегда могут быть четко выделены):

— генератор (возбудитель колебаний) — система для передачи энергии звучащему телу и возбуждения в нем колебаний. Устройство и форма генераторов видоизменяются в зависимости от природы звучащего тела, иногда используются довольно сложные механизмы (клавишный механизм и молоток рояля, воздуходувный механизм в органе, дыхательный аппарат человека и др.);

— вибратор (звучащее тело) — основная часть инструмента, в которой возбуждаются колебания. В некоторых инструментах излучение звука происходит непосредственно от вибратора (например, мембрана барабана, пластинки ксилофона, оболочка колокола и др.), в других с помощью дополнительных устройств-резонаторов (например, у скрипки, рояля, арфы и т. д.);

— резонатор (усилитель) — устройство, предназначенное для усиления звука и используемое в тех случаях, когда отдача энергии непосредственно от вибратора в воздушную среду слишком мала. В большинстве случаев это происходит, когда вибратор имеет маленькую поверхность (площадь или объем), поэтому не может вызвать

смещение достаточно большого количества частиц воздуха и, следовательно, обеспечить необходимый уровень звукового давления в среде. В таких случаях колебания звучащего тела должны быть переданы другому телу, имеющему большую поверхность или объем и способному обеспечить излучение достаточно большого уровня акустической энергии в окружающее пространство (например, резонансные деки рояля, гитары, скрипки и др.).

В музыкальных инструментах применяются три основные категории вибраторов:

— тела, упругие в силу своих природных свойств (твердости и формы). Они не требуют предварительного натяжения, чтобы совершать колебания и излучать звук (бруски, стержни, трубки, пластины, оболочки и др.). Их используют в свободно подвешенном состоянии (гонг, трубчатые колокольчики и др.), с опорой на отдельные точки (ксилофон, маримба и др.) или закрепленными на одном конце (например, колокол);

— тела, становящиеся упругими вследствие натяжения. Натяжение может быть приложено в одном направлении, например для струн, а может быть приложено по периметру, например для круглых мембран барабанов. От степени натяжения зависит упругость этих тел, а следовательно, и собственные частоты их колебаний, т. е. состав спектра;

— тела, становящиеся упругими вследствие процесса сжатия (например, столбы воздуха, заключенные в трубы различного сечения).

Основные способы возбуждения колебаний вибраторов, т. е. генерации энергии, можно свести к следующим:

— удар (толчок) — мгновенное приложение силы и передача энергии звучащему телу с последующим предоставлением ему свободы колебаний. При таком режиме возбуждения вибратор совершает свободные затухающие колебания, т. к. происходит потеря энергии за счет излучения и внутреннего трения (например, в струнах рояля, колоколах и др.);

Особый вид возбуждения происходит с помощью передачи энергии последовательными толчками, например для столбов воздуха в трубах, что создает автоколебательный процесс, который обеспечивает звучание духовых инструментов;

— щипок, или зацепление — это способ, при котором звучащее тело зацепляется каким-либо предметом (или пальцем), выводится из положения равновесия и освобождается (например, струна гитары, арфы, лютни, клавесина и др.), после чего оно переходит в режим свободных затухающих колебаний;

— трение — при этом способе возбуждающее тело (например, смычок) остается в тесном соприкосновении с вибратором (струной) за счет трения в течение определенного периода времени, после чего происходит отрыв вибратора, далее этот процесс периодически повторяется (например, при возбуждении струн скрипки).

В качестве усилителей-резонаторов могут использоваться тела, обеспечивающие эффективное излучение звука в окружающее пространство, например за счет большой площади (деки рояля), или специальных корпусов с заключенным в них воздушным объемом (у скрипки, гитары и др.), или системы резонансных труб (например, в маримбе) и др.

Классификация музыкальных инструментов может быть выполнена по различным критериям (хотя далеко не все инструменты могут быть четко классифицированы). Наиболее распространенной является классификация, предложенная В. Майоном в 1888 г. и подробно разработанная австрийским музыковедом Э. Хорнбостелем (1877-1935) и его немецким коллегой К. Заксом (1881-1959) в 1914 году.

Согласно этой классификации инструменты объединяются в классы по типам вибраторов:

— хордофоны (струнные), в которых в качестве вибраторов используются струны различных размеров, диаметров, плотности и степени натяжения (рояли, арфы, гитары, скрипки и т. д.);

— мембранофоны, в которых звук извлекается при возбуждении натянутой мембраны (барабаны, литавры и др.);

— Идиофоны, где звук создается за счет возбуждения колебаний в телах, обладающих собственной упругостью: брусках (ксилофон, маримба и др.), трубках (оркестровые колокольчики), пластинках (тарелки), оболочках (колокола) и т. д;

— Аэрофоны — духовые инструменты, которые используют для возбуждения и поддержания звука колебания воздушных столбов в трубах разной формы (кларнеты, флейты, органы, саксофоны и др.);

Такая классификация не охватывает всех видов музыкальных инструментов и способов игры на них, поэтому она дополняется другими видами: исполнительскими, музыкально-историческими и т. д. Исполнительская классификация выделяет обычно следующие группы инструментов: духовые, струнные и ударные. Эти группы, в свою очередь, подразделяются на подгруппы в зависимости от способа возбуждения. Духовые — на лабиальные, тростевые и амбушюрные; струнные — на щипковые, смычковые и клавишные; ударные — на мембранные и пластиночные и т. д. Пример подобной классификации дан на рисунке.

## Практика.

В практике ко второй части моего доклада я решила поработать с резонаторами и провела и описала ряд экспериментов с музыкальными инструментами.

Эксперименты и их результаты: 1) стоя в непосредственной близости от играющей виолончели со скрипкой в руках, наблюдался резонанс последней, проявившийся в ощутимой вибрации инструмента и в гуле, который стали издавать струны скрипки. 2) стоя в непосредственной близости от сцены на которой проходило выступление студента

фортепианного отделения, была зафиксирована ощутимая вибрация пола, воспринятая тактильно (ступнями, ладонью); схожий эффект наблюдался при выступлении виолончелиста и исполнителя с контрабасом. 3) Было зафиксировано резонирование скрипки, когда рядом с ней были выразительно (громко и музыкально чисто) исполнены некоторые гаммы. Подобный же эффект наблюдался при простом разговоре «на повышенных тонах» вблизи инструмента. 4) были зафиксированы некоторые неясные и тщательно не изученные эманации, при игре на скрипке; ощущение, если его описывать, было похоже на трепетание чего-то внутри верхнего отдела грудной клетки, приблизительно в районе солнечного сплетения и выше, вплоть до ключиц. Похожие ощущения были восприняты слушателем на концерте симфонической музыки за исполнением оркестра. 5) на подставку скрипки была укреплена сурдина, и замечено изменение (приглушение) звучания струн. 6) при игре на скрипке, в непосредственной близости с бокалами, ни один из них не начал резанировать.

### Будущее музыкальных инструментов.

Основная задача Artiphon Instrument 1 – помочь пользователям музицировать спонтанно и разнообразно.

С этой целью и была предпринята очередная попытка создания универсального гаджета для извлечения гармоничных звуков. Судя по реакции в аудитории на Kickstarter – вполне себе удачная попытка, что во многом обусловлено открытыми границами проекта. Концепция «программируемых струн» позволяет превратить устройство в аналог едва ли не любого музыкального инструмента, без оглядки на соразмерность и «интерфейс». В базовом наборе, помимо уже описанного квартета, значится несколько десятков вариантов и, в теории, талантливые пользователи могут расширять список до бесконечности.

Такое разнообразие достигается благодаря необычной конструкции устройства. Большую часть этого «музыкального инструмента» занимает разделенная на секции сенсорная поверхность. Она чувствительна к силе нажатия, щипкам, тапам, «бренчанию», поглаживаниям и т.д., а также обеспечивает обратную тактильную связь. Кроме того на корпусе устройства присутствует ряд функциональных клавиш, а в его «недрах» скрывается акселерометр, который отслеживает перемещения устройства в трехмерном пространстве и позволяет гаджету быстро превращаться из контрабаса в скрипку.

## ВЫВОДЫ.

### ЧАСТЬ ПЕРВАЯ.

- 1) Звучание бокалов зависит от: их формы, их размеров, материала(качества стекла), из которого изготовлены бокалы, вещества( точнее от плотности этого вещества), которое налито в бокалы;
- 2) Чем выше плотность налитого в бокал вещества , тем ниже звук;
- 3) Я разделила все имеющиеся в моём распоряжении на 3 группы, в зависимости от их формы, по своему звучанию они тоже различаются.  
Первая группа-«тюльпаны», их стенки образуют линию, похожую на отрезок положительной параболы, взятый от её (параболы), начала. Стенки таких бокалов могут как расходится к концу , так и идти на сближение.  
Вторая группа- «цилиндры», они, звучат хуже , нежели «тюльпаны», в зависимости от угла нажима на стенку, смоченности пальца , силы надавливания на ободок бокала, данный вид посуды может издавать двойной звук.  
Третья группа-«воронки», они не издадут звука, или издадут слишком высокий звук со слишком большими помехами.
- 4) Заставить звучать можно даже бокал с небольшим сколом или дефектом (утолщением) на ободке. Бокалы с декоративной гравировкой или рисунком ( нанесенным специальной краской) тоже можно заставить музицировать.
- 5) Двойное дно , не особо влияет на звучность бокала.

- б) Каждый бокал обладает собственным частотным рядом, за пределы которого он не выходит.  
 Чем меньше бокал, чем стенки бокала тоньше, тем выше звук ,им издаваемый; чем больше бокал и чем его стенки тоще, тем ниже издаваемый им звук.
- 7) Чем больше воды налито в бокал, тем ниже его звук.
- 8) Звучание бокала, по которому ударяют и звучание бокала по которому водят пальцем, издавая звук, не отличается, при учете неизменности исходных параметров бокала(количества воды в нем, толщины его стенок и т.д.).
- 9) Внутри одного набора бокалов исходные частоты могут различаться, а это свидетельствует о том, что существует брак и, хоть, и внешне бокалы из одного набора одинаковы, их музыкальные свойства различны.
- 10) Звук бокалов разных видов различается по тембру , даже если звуковой ряд данных бокалов схож.
- 11) Бокал может резонировать на 2 частотах.
- 12) Бокал резонирует, только от живого голоса( на нужной частоте) или от записи этого голоса, пущенной через колонки; от записи его собственного звучания, пущенной через колонки и от записи его собственного звучания и голоса на фоне ,в обоих этих случаях бокал не резонирует.

#### СООТНОШЕНИЕ ПО ОБЪЕМУ ВОДЫ В БОКАЛЕ И ЧАСТОТЕ ЗВУКА:

-рабочий звукоряд:

D=130 мл

D(#)=114 мл

E=106 мл

E(#)=86 мл

F=82 мл

F(#)=63 мл

\*расстояние между тонами равно 24 мл , оно отличается в 1,2 раза

D/D(#)=1,2 раза

\* расстояние между полутонами отличается в 1,2 раза

E/E(#)=1,2 раза

F/F(#)=1,3 раза

- тонкий бокал:



A =26 мл

G=50мл

F=80мл

E =108мл

D=146мл

C=184мл

\* расстояние между тонами равно 26 мл, оно

отличается в 1,24 раза

- набор бокалов с черной ножкой:

A= 92 мл

V=48 мл

G= 110 мл

A=90 мл

G=120 мл

G=102 мл

F=132 мл

G=126 мл

E= 146 мл

F=130 мл

D=162 мл

E=136 мл

V=0 мл

C=0 мл

\*1)расстояние между тонами равно 2 мл, оно отличается в 0,9 раз

2)расстояние между тонами отличается в 0,9 раз

-крапчатый бокал:

F=88мл

E=116мл

\* расстояние между тонами равно 28 мл

D=144мл

C=172мл

V=200мл

Выводы:

1) Не во всех бокалах наблюдается четкая зависимость высоты звука от объема налитой воды;

2) Разница по объему между тонами лежит в пределах от 24 мл до 28 мл;

3) Отношение объемов воды между полутонами примерно равно 1,5;

4) Отношение объемов между тонами примерно равно 1,06;

\*5) побочное заключение: с некоторого определенного объема воды частоты по тонам можно получить добавлением определённого для каждого бокала объема воды.

Объяснение неравномерности результатов: ввиду формы бокала, изменение звука происходит только с наполнением определённого объема бокала, до этой отметки начальный звук лишь понижается в пределах тона.

## ЧАСТЬ ВТОРАЯ.

1) Была выдвинута теория, о том, что эманация, описанная в четвертом эксперименте, была, на самом деле, резанированием желудка, так странно воспринятая из-за эмоционального состояния слушателя и исполнителя.

2) Согласно с классификацией, изложенной во второй части, человек был причислен к духовым инструментам.

3) Был сделан вывод, о том, что чем больше резонатор, тем лучше он сможет улавливать и усиливать частоты, как исходящие от самого инструмента, так и внешние звуковые волны.

4) Тембр инструмента во многом зависит от формы и конструкции резонатора, от материала из которого изготовлен резонатор.

5) Человеческое тело способно улавливать вибрации, издаваемые музыкальными инструментами больших размеров.

6) Было подтверждено, что звук лучше передается в более плотной среде.

7) Было отмечено, что механизм резонатора работает «в обе стороны».

8) Сурдина не давала колебаться подставке, что в свою очередь затрудняло работу резонирующего аппарата скрипки.