

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

Прикладные вопросы математики

Исследование изменения звуковой волны в колебательной системе

Фотин Алексей Дмитриевич,
11 кл., МБОУ «Лицей №1», г. Пермь,
Герцен Татьяна Анатольевна,
к.х.н., доцент ПНИПУ.

Пермь. 2015.

Оглавление

Введение:.....	3
Цель работы:.....	3
I) Теоретическая часть.	4
1) Историческое отступление	4
2) Природа звуковых колебаний.	4
3) Объяснение явления «поющего бокала».....	4
II) Экспериментальная часть.	5
1) Оборудование:.....	5
2) Порядок измерений:	5
3) Обработка результатов и итоги:.....	5
III) Заключение.	6
IV) Приложения.	7
V) Список источников.....	10

Введение:

Вокруг нас можно наблюдать множество явлений, каждое из них уникально и требует своего особого подхода, самые наглядные из них это оптические и звуковые явления. Каждый день мы слышим множества звуков, будь то скрип снега под ногами, пение птиц, шум мотора и другие. Самым интересным на наш взгляд звуком является скрип. Это явление давно известно человеку, оно часто встречается в природе, и даже упоминается в художественной литературе. «Только вымолвить успела, дверь тихонько заскрипела, и в светлицу входит царь...» - Пушкин («Сказка о царе Салтане»). «Дом скрипел, охал и посвистывал, хлопал дверьми и звенел...» - Петросян («Дом в котором...»). «...он меня в городе остановил и начал скрипеть.» - Богомолов («Момент истины»). Для большинства скрип это что-то режущее ухо. Он предупреждает об опасности или о скорой поломке детали какого-либо механизма. Человек смог создать струнно-смычковые инструменты, они появились путем долгих трансформаций различных струнных инструментов. Основой еще стала древнегреческая кифара, и в итоге к 18 веку появились первые струнно-смычковые инструменты. Если поразбирать слово «Скрипка», то можно из него вытащить слово «скрип». (Возможно кто-то переведет слово «скрипка» так – пытка скрипом). Нас заинтересовало это явление своей популярностью и загадочностью. Его мы будем исследовать с помощью известного всем явления «поющий бокал».

Цель работы:

Изучение звуковой волны скрипа.

I) Теоретическая часть.

1) Историческое отступление

Впервые описания игры на бокалах появились в Китае в 12 веке, а в 1740 году появились профессиональные выступления с использованием стеклянной арфы (набор из 24-36 бокалов). Партию для этого инструмента можно найти в симфониях Моцарта, в концертах Pink Floyd, и в музыке Бориса Гребенщикова. В книге Годмана «Крошка Цахес» упоминается стеклянная гармоника (-это музыкальный инструмент, состоящий из стеклянных полусфер различного размера, нанизанных на горизонтальную вращающуюся ось), ее создал в 18 веке Пенсильвании Бенджамин Франклин, вдохновившийся музыкальными стаканчиками.

2) Природа звуковых колебаний.

Звук — физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде.

Звуковые колебания появляются из-за резонанса.

Резо́на́нс (фр. resonance, от лат. resonō «откликаюсь») — явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, которое наступает при совпадении частоты собственных колебаний с частотой колебаний вынуждающей силы.

Колеба́ния — повторяющийся в той или иной степени во времени процесс изменения состояний системы около точки равновесия.

3) Объяснение явления «поющего бокала»

Бокал издает звук из-за совпадения частоты вынуждающей нелинейной силы трения и внутренней частоты колебаний кристаллической решетки, благодаря автоколебанию. Так как скорость звука в разных агрегатных состояниях вещества меняется, то при наполнении бокала жидкостью частота итоговая будет уменьшаться (из-за того, что в твердом теле больше чем в жидкости, а в жидкости больше чем в газе).

Автоколебание – незатухающие колебание в открытой динамической системе с нелинейной обратной связью, поддерживающийся за счет энергии постоянного (внешнего) воздействия.

Динамическая система – множество элементов, для которого задана функциональная зависимость между временем и положением в фазовом пространстве каждого элемента системы.

II) Экспериментальная часть.

1) Оборудование:

Мерный стакан (500мл) (ц/д=10мл), металлическая линейка (ц/д=0,1 см), мерная палочка (ц/д=0,1см), бокал стеклянный конусообразный 200 мл, калька (или пергамент для выпекания), скотч, Adobe Audition CC 2014, MatLab R2014a, Микрофон Genius, MS Excel, MS Word.

2) Порядок измерений:

1. Подготовка к записи (настройка программы, проверка микрофона, устранение лишних источников звука, промывка бокала, заготовка кружков необходимого диаметра из кальки для некоторых высот, лепим из пластилина кружки разного диаметра ().
2. Проводим по записи каждой высоты (10 20 30 40 50 60 70 мм воздушного столба), получается в итоге по 7 записей на каждую жидкость (вода, масло, газировка, уксус, растворы соли, мыльный раствор).
3. Проводим записи на высоте 30 мм воздушного столба для: вода + калька, вода + масляная пленка, вода + мыльная пленка, вода + бусинки на дне (10мм).
4. Проводим 4 записи на высотах 70, 60, 50, 40 мм воздушного столба для пшеничной крупы, манки.
5. Проводим 4 записи на высоте 20 для воды с разной температурой (45, 40, 35, 30С).
6. Приклеиваем на скотч кружки из кальки к бокалу для высот 10,20,30мм по порядку (важно чтобы между стеклом и калькой не должно быть щелей)
7. На дно бокала вдавливаем кусок пластилина так, чтобы высота воздушного столба была 70мм. Записываем результат.
8. На дно бокала кидаем n-ое кол-во пластилиновых шариков одного диаметра до момента не возможности получить резонансные колебания. Записываем кол-во шариков и меняем диаметр. Достаточно использовать 3 различных диаметра.

3) Обработка результатов и итоги:

Результаты можно посмотреть в приложении [1], полученные графики в приложении [2] и [3].

Все результаты эксперименты были обработаны с помощью программы Adobe Audition CC 2014 и метода Стьюдента (для определения погрешностей), при обработке пренебрегли звуками, которые издавали нижняя часть бокала и место соприкосновения бокала с рабочей поверхностью.

Результаты эксперимента показали, что на частоту получаемого звука влияет объем жидкости в бокале, незначительно повлияло изменение плотности жидкостей.

В записях с жидкостями звуковые волны имеют вид сложной функции, состоящей из синусоиды и дополнительной функции связанной с силой трения.

Небольшие изменения температуры мало влияют на частоту.

Чем больше вязкость жидкости, тем быстрее резонансные колебания затухнут. Из теории можно сказать, что температура жидкости сильно влияет на вязкость, то есть чем ниже температура, тем больше вязкость.

Звук полностью исчезает, если плотно наклеить пленку из кальки внутри бокала, а также, если внутри будет определенное количество твердых тел (или очень вязких, таких как пластилин).

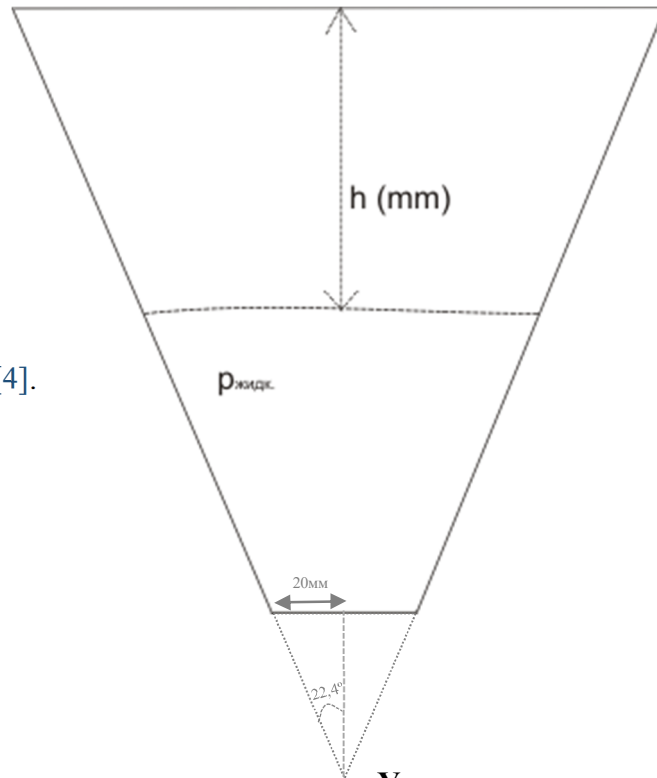
Также из эксперимента были получены

Уравнение бокала – $z(x,y) = \pm\sqrt{x^2 + y^2} * \text{ctg } 24.4^\circ - 15, 0 \leq z \leq 80$

Гармоническое уравнение для пустого бокала - $x(t) = 0.1 * \sin\left(\frac{343*t}{0.1*2\pi}\right)$

Прямая зависимость высоты (h) от частоты (v) - $h = 5.72 * 10^{-12} * v^{4.385}$

Приложение [4].



Уравнение зависимости объем (V) от

высоты (h) -

$$V(h) = \frac{1}{3} \pi h ((h * \text{tg}(22.4^\circ))^2 + h * \text{tg}(22.4^\circ) * 20 + 400)$$

III) Заключение.

Проведено интересное исследование звуковых колебаний с помощью «поющего бокала». Оказалось, что экспериментировать с содержимым бокала можно до бесконечности, также и со способом извлечения звука. Планируется более конкретно определиться с направлением развития исследования, также программирование математической модели для разных вариаций параметров бокала и различным содержимым. Еще была выявлена актуальность нашего исследования. В результате его можно выявить необходимые условия для предотвращения резонанса, скрипа, что может пригодиться в избавлении от возможных разрушений. Также это исследование может вдохновить творческую личность на создание нового музыкального инструмента или арт-объекта.

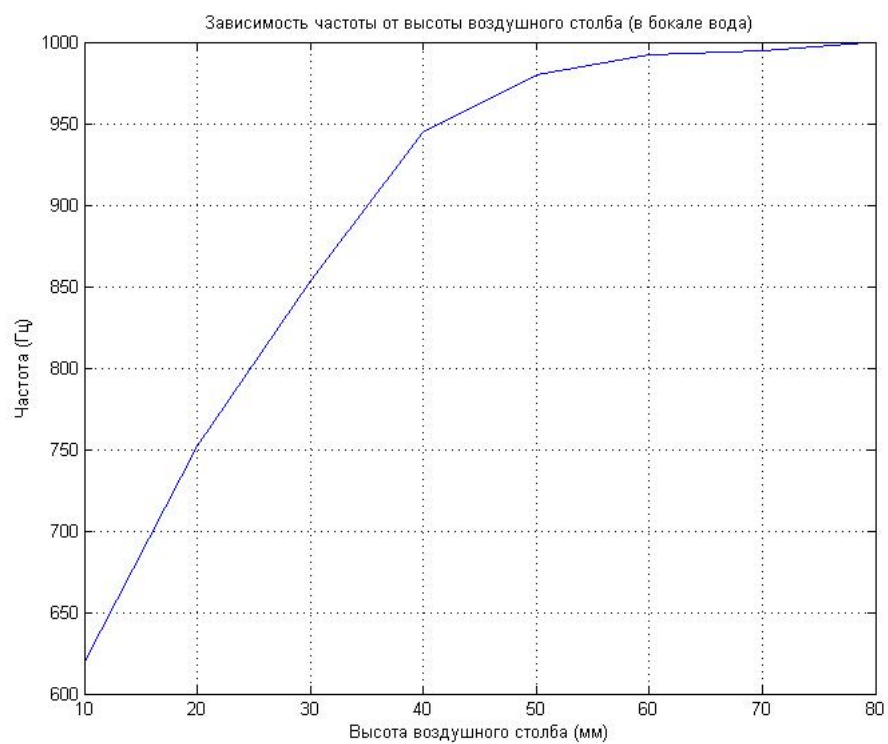
IV) Приложения.

1. Таблица результатов

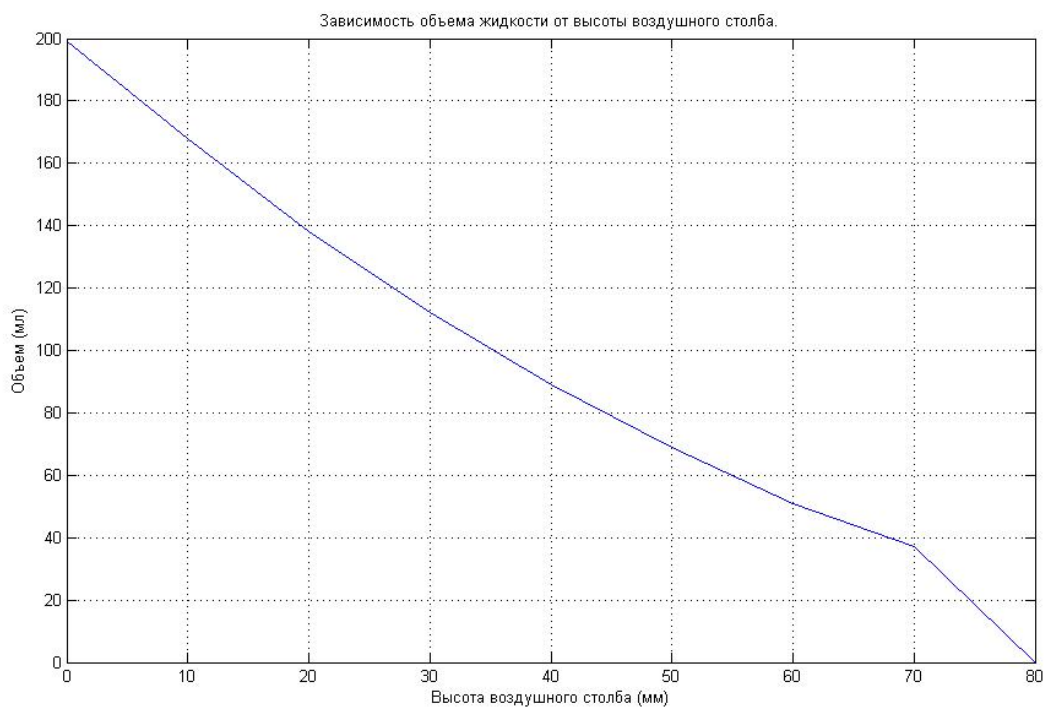
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Высота(мм)=	10±1		20±1		30±1		40±1					
2	Объем (мл)=	168±5		138±4		112±3		89±2					
3		Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)		
4													
5	Вода	619 ±2	0,55	752 ±2	0,45	854 ±2	0,40	945 ±2	0,36				
6	Масло	650 ±1	0,52	760 ±1	0,45	885 ±2	0,38	955 ±1	0,36				
7	Газировка	642 ±1	0,53	767 ±1	0,44	873 ±2	0,39	957,1 ±0,3	0,36				
8	Раствор соли 20/200	630 ±1	0,54	759 ±1	0,45	881 ±1	0,39	948 ±2	0,36				
9	Раствор соли 40/200	627 ±1	0,54	762 ±1	0,45	881 ±2	0,39	941 ±1	0,36				
10	Уксус 9%	638 ±1	0,53	780 ±2	0,44	881 ±1	0,39	945 ±2	0,36				
11	Мыльный раствор	647 ±1	0,53	794 ±2	0,43	890 ±2	0,38	958 ±1	0,35				
12	Вода + масляная пленка					865,8 ±0,4	0,39						
13	Вода + мыльная пленка					882 ±1	0,39						
14	Вода +10мм бисер					880,6 ±0,3	0,39						
15	Вода + калька					876 ±2	0,39						
16	Крупа							1000 ±4	0,34				

	A	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
1	Высота(мм)=	50±1		60±1		70±1					
2	Объем (мл)=	69±2		52±1		37±1					
3		Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)	Частота(Гц) ±Δ	λ(м)		
4											
5	Вода	980,2 ±0,4	0,35	992 ±3	0,34	995 ±3	0,34				
6	Масло	981 ±1	0,35	991 ±3	0,34	995 ±3	0,34				
7	Газировка	981,8 ±0,4	0,35	995 ±3	0,34	994 ±3	0,34				
8	Раствор соли 20/200	980 ±1	0,35	995 ±3	0,34	994 ±3	0,34				
9	Раствор соли 40/200	981,6 ±0,4	0,35	995 ±3	0,34	994 ±3	0,34				
10	Уксус 9%	982 ±0,4	0,35	995 ±3	0,34	994 ±3	0,34				
11	Мыльный раствор	987 ±3	0,34	995 ±3	0,34	994 ±3	0,34				
12	Вода + масляная пленка										
13	Вода + мыльная пленка										
14	Вода +10мм бисер										
15	Вода + калька										
16	Крупа	997 ±2	0,34	997 ±4	0,34	996 ±3	0,34				

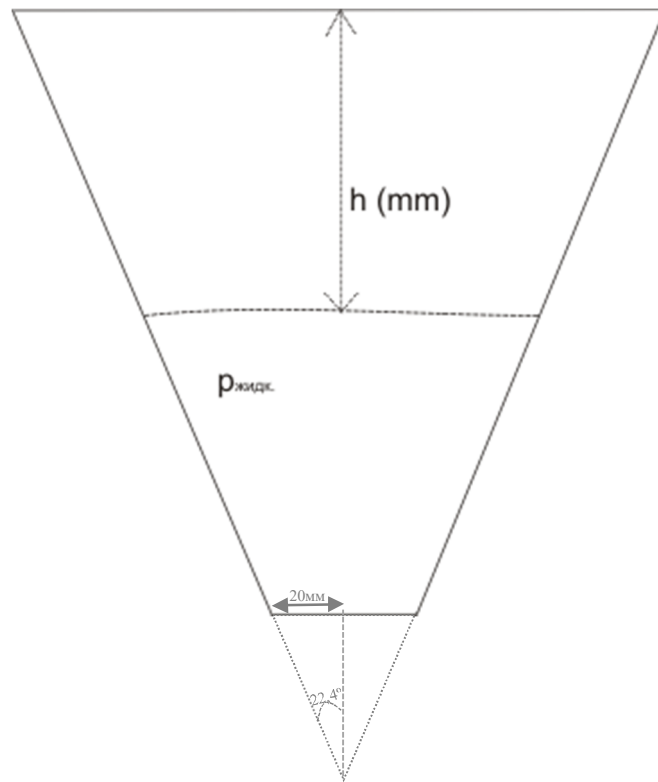
2. График зависимости частоты (ν) от высоты воздушного столба (h)



3. График зависимости объема (V) от высоты воздушного столба (h)



4. Схематичное строение данного бокала.



V) Список источников.

- 1) Мякишев, Г.Я. Физика. Колебания и волны. 11 кл.: учеб. для углубленного изучения физики / Г.Я. Мякишев, А.З. Сияков. – 4-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2005. – 287, [1] с.: ил.
- 2) А.П.Пятаков, П.П. Григал. Лаборатория на коленке, Библиотечка КВАНТ №112, стр.5
- 3) <https://ru.wikipedia.org/>