ОГЛАВЛЕНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 2](#_Toc33087985)

[РЕЗОНАНС И ЕГО ИСТОРИЯ 4](#_Toc33087986)

[ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ 6](#_Toc33087987)

[ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ 7](#_Toc33087988)

[МЕТОДЫ БОРЬБЫ С «ВРЕДНЫМ» РЕЗОНАНСОМ 8](#_Toc33087989)

[«ПОЮЩИЕ» БОКАЛЫ 9](#_Toc33087990)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 12](#_Toc33087991)

[ЛИТЕРАТУРА 13](#_Toc33087992)

# ВВЕДЕНИЕ

В нашей жизни происходит много удивительных и порой непонятных явлений. Однако объяснение многих из них может быть достаточно простым, но сразу не бросающимся в глаза. Одно из таких явлений является резонанс.

Как и все процессы и явления резонанс имеет положительное и отрицательное влияние, которые были изучены в ходе работы. Явление резонанса имеет большое значение в технике, электротехнике, строительстве, активно используется в радиотехнике. Можно выделить использование резонанса в музыкальных инструментах. Особенная форма скрипки, виолончели, контрабаса, гитары способствует резонансу стоячих звуковых волн внутри корпуса инструмента, составляющих гармонику, и музыкальный инструмент дарит любителям музыки необыкновенное звучание. Но мало кто знает, что издавать звуки могут не только люди, птицы и музыкальные инструменты, но и бокалы. Конечно, это не Моцарт, но получается весьма необычный и интересный звук. Это звучание может меняться и зависит от частоты резонанса.

Сейчас в интернете множество сайтов, которые предлагают очень необычную Шоу-программу "Хрустальные бокалы". Звук издаваемый обычными бокалами невероятный и это хороший пример использования резонанса в музыке. Каждый звук отличается, и производит различные модели сигнала. Различные формы сигнала дают звуку его характер. И можно сказать, что не существует абсолютно одинаковых звуков, которые зависят от различных факторов.

Цель нашей работы исследовать явление резонанса с помощью результатов эксперимента с «поющими» бокалами.

В связи с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

* изучить теорию о явлении резонанса;
* изучить возникновение резонанса на опыте с «поющими» бокалами;
* объяснить природу возникновения звуков при резонансе;
* установить соответствие между типом бокала, свойствами получаемого звука и частотой резонанса;

Явление резонанса является актуальным практически во всех сферах деятельности и может использоваться как в положительных, так и в отрицательных целях.

Для изучения данного явления была использована литература, найденная в книгах по физике и данные из интернета. Для лучшего представления о резонансе и природе звуковых волн были проведены два эксперимента. Для определения показаний частоты и громкости звука была использована программа Spectroid.

Spectroid - это анализатор спектра звука в реальном времени с разумным частотным разрешением во всем частотном спектре. Spectroid использует множественные БПФ(Быстрое преобразование Фурье), перекрывающиеся по частоте, чтобы обеспечить лучшее частотное разрешение на более низких частотах, чем один БПФ. Предостережением этого метода является изменение импульсной характеристики и незначительные разрывы в частотном графе. Положительным моментом является то, что он может эффективно генерировать частотный график, который лучше соответствует частотной разрешающей способности восприятия звука человека.

# РЕЗОНАНС И ЕГО ИСТОРИЯ

Явление резонанса впервые было описано Галилео Галилеем в 1602 году. Он писал работы, посвященные исследованию маятников и музыкальных струн.

А вот впервые  музыку на стекле публично упомянули  в 1746 году, когда композитор Глюк  играл на 26 бокалах на своем концерте в Лондоне. Ирландец Покидж играл на подобном инструменте, «ангельском органе», путешествуя по городам Англии.

Люди буквально «заворожены прелестью его звучания», как написал Бенджамин Франклин, впервые услышав поющие бокалы. Франклин, которого мы все знаем по изображению на стодолларовой купюре, создал в 1761 году свой собственный стеклянный инструмент,«стеклянную гармонику».

Но первые упоминания об игре на винных бокалах датируются XII веком в Китае, XIV – в Персии и XV веком в Европе, но только 1740 году появились профессиональные выступления с использованием поющих бокалов.

Резонанс - частотно-избирательный отклик колебательной системы на периодическое внешнее воздействие, который проявляется в резком увеличении амплитуды стационарных колебаний при совпадении частоты внешнего воздействия с определёнными значениями, характерными для данной системы.

Частота колебаний (измеряется в Герцах) - это количество колебаний в единицу времени. 1 Герц - это одно колебание за одну секунду.

Амплитуда — максимальное значение смещения или изменения переменной величины от среднего значения при колебательном или волновом движении. Резонанс характеризуется таким показателем как добротность.

Добротность колебательной системы - отношение энергии, запасённой в колебательной системе, к энергии, теряемой системой за один период колебания.

Резонанс можно описать следующим образом:

* представьте некое физическое тело, которое находится либо в состоянии абсолютного покоя, либо совершает амплитудные движения определенной частоты;
* на это тело вдруг начинает оказывать воздействие некая внешняя сила, имеющая собственную амплитуду и частоту;
* если частоты тела и внешней силы совпадают, то амплитуда тела станет расти.

Резона́тор — колебательная система, в которой происходит накопление энергии колебаний за счёт резонанса с вынуждающей силой.

При помощи резонанса можно выделить и/или усилить даже весьма слабые периодические колебания. На сегодняшний день существуют такие виды резонанса, как механический, акустический, оптический, электрический, общественный и резонанс в астрофизике.

Орбитальный резонанс в небесной механике — это ситуация, при которой два (или более) небесных тела имеют периоды обращения, которые относятся как небольшие натуральные числа.

В СВЧ электронике широко используются объёмные резонаторы, чаще всего цилиндрической или тороидальной геометрии с размерами порядка длины волны.

В оптическом диапазоне самым распространенным типом резонатора является резонатор Фабри-Перо, образованный парой зеркал, между которыми в резонансе устанавливается стоячая волна.

В акустике резонанс является одним из важнейших физических процессов, используемых при проектировании звуковых устройств, большинство из которых содержат резонаторы, например, струны и корпус скрипки, трубка у флейты, корпус у барабанов. Для акустических систем и громкоговорителей резонанс отдельных элементов (корпуса, диффузора) является нежелательным явлением, так как ухудшает равномерность амплитудно-частотной характеристики устройства и верность звуковоспроизведения.

# ПОЛОЖИТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ

Самое примитивное использование резонанса - это принцип раскачивания качелей. Если правильно действовать на качели, то размах качаний будет становиться все больше и больше. Все дело в том, что действовать нужно строго в определенные моменты времени и в определенном направлении, иначе результатом действия может быть не раскачивание, а полная остановка качелей. Чтобы этого не произошло, нужно, чтобы частота внешнего воздействия совпадала с частотой колебаний самих качелей, в этом случае размах качания будет увеличиваться.

Помимо этого, известен способ резонансного разрушения при дроблении и измельчении горных пород и материалов. Это происходит так. При движении дробимого материала с ускорением силы инерции будут вызывать напряжения и деформации, периодически меняющие свой знак, – так называемые вынужденные колебания. Совпадение соответствующих частот вызовет резонанс, а силы трения и сопротивления воздуха будет сдерживать рост амплитуды колебаний, однако все равно она может достичь величины, значительно превышающей деформации при ускорениях, не меняющих знак. Резонанс сделает дробление и измельчение горных пород и материалов существенно эффективнее.

Такую же роль резонанс играет при сверлении отверстий в бетонных стенах при помощи электрической дрели с перфоратором.

На явлении резонанса работают устройства, использующие радиоволны, такие как телевизоры, радиоприемники, мобильные телефоны и так далее. Радио- или телесигнал, транслируемый передающей станцией, имеет очень маленькую амплитуду. Поэтому, чтобы увидеть изображение или услышать звук, необходимо их усилить и, вместе с тем, понизить уровень шума. Это и достигается при помощи явления резонанса.

# ОТРИЦАТЕЛЬНОЕ ВЛИЯНИЕ

Однажды по висячему мосту близ Анжера (Франция) проходил отряд солдат, которые четко отбивали шаг, ударяя одновременно то правой, то левой ногой по настилу. Под ударами ног мост слегка раскачивался, но вдруг оборвались поддерживающие цепи, и мост вместе с людьми рухнул в реку. Погибло более двухсот человек. Строителей моста обвиняли в небрежности расчетов, в недопустимой экономии металла и т.д.

Старые практики, не раздумывая долго, утверждали, будто цепи перержавели и не выдержали тяжести солдат. Однако осмотр оборванных цепей не подтвердил этого объяснения.

Так и не удалось тогда найти причину обрушения моста.

Но подобная катастрофа случилась в Петербурге. Кавалерийская часть переходила по Египетскому мосту через Фонтанку. Лошади, обученные ритмическому шагу, одновременно ударяли копытами. Мост слегка покачивался в такт ударам. Неожиданно оборвались цепи, поддерживающие мост, и он вместе с всадниками рухнул в реку. Некоторые инженеры догадывались, что обрушение мостов связано с ритмичностью ударов о настил.

Эти мосты разрушились в следствие резонанса. Когда по ним шли солдаты, ритм их шагов случайно попал в такт собственных колебаний его балок. Незаметные размахи становились все больше. Наконец цепи не выдержали и разорвались. После этих случаев солдатам, переходящим мост, отдается команда "идти не в ногу", чтобы не допустить возникновение резонанса.

Причиной разрушения мостов из-за резонанса могут стать не только пешеходы, но и железнодорожные поезда. Для исключения резонанса моста поезд может двигаться или медленно, или на максимальной скорости. Для исключения совпадения частоты ударов колес по стыкам рельсов с собственной частотой колебаний моста поезда замедляют ход, проходя по мосту, а также участок рельсов на мосту часто выполняют сплошной, т.е. без стыков.

Землетрясения или сейсмические волны, а также работа сильно вибрирующих технических устройств могут вызвать разрушения части зданий или даже зданий целиком. Кроме того, землетрясения могут привести к образованию огромных резонансных волн - цунами с очень большой разрушительной силой.

# МЕТОДЫ БОРЬБЫ С «ВРЕДНЫМ» РЕЗОНАНСОМ

Как было сказано у резонанса есть положительные и отрицательные стороны. Отрицательные стороны требуют специальных методов борьбы. Потому что если не учитывать влияние «вредного» резонанса, то это может привести к непоправимым последствиям.

Способ исключения вредного воздействия резонанса в акустике

* Очень важно грамотно установить и настроить все компоненты системы. Причем настройка аппаратуры обязательно должна производиться не только с учетом компонентного состава системы, но и с учетом самого помещения, которое впоследствии будет наполнено звуком.
* Для устранения явления резонанса необходимо слегка изменять наклон поверхностей, чтобы среди них не было двух параллельных. Достаточно совсем небольшого изменения (до 2-3 градусов). Как правило, для этого изменяют наклон или сходимость поверхностей двух смежных стен (например, в процессе установки звукоизолирующих панелей) и потолка (при установке акустических потолков).

Способ исключения вредного воздействия резонанса в железнодорожных путях:

* делать стык рельса косым под углом 45 град. к оси рельса.
* для исключения совпадения частоты ударов колес по стыкам рельсов с собственной частотой колебаний моста поезда замедляют ход, проходя по мосту.

Во многих городах мира строятся небоскребы высотой в десятки метров. Железобетонный каркас супернебоскребов должен выдерживать на большой высоте напор ветра, дующего со скоростью 150 км/час.

В одном из нью-йоркских небоскребов на верхнем этаже установлен скользящий противовес массой 365 тонн, который нейтрализует воздействие ветровой нагрузки и демпфирует колебания здания.

В Японии на крыше небоскреба устанавливается огромный резервуар с водой. Из-за огромной массы и инерционности жидкость реагирует на сотрясения с запозданием. Колебания здания нейтрализуются и в значительной степени гасятся.

# «ПОЮЩИЕ» БОКАЛЫ

Как говорилось выше явление резонанса нашло применение и в музыке. С помощью него обычные бокалы можно заставить «петь». Именно этому будет посвящен первый эксперимент.

Теперь перейдем непосредственно к эксперименту. Для него понадобится бокал, наполненный водой.

1. Берем бокал, наполненный водой
2. Смачиваем палец, чтобы удалить грязь
3. Начинаем водить по краям бокала
4. Когда стенки хорошо оботрутся, бокал начнет издавать звуки

При движении пальца по поверхности стекла происходит регулярное зацепление и расцепление (проскальзывание) участков кожи пальца и торца стакана. При этом возникает упругая деформация стакана и слышен звук. А так как стакан является резонатором, то высота звука определяется размерами резонатора. Также звуковые волны, которые появляются, могут раскачивать теннисный шарик. Тон звуков, издаваемых бокалом, будет зависеть от уровня воды в бокале и характера стенок.

Таблица 1 «Характеристика используемых бокалов»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип бокала | V,мл | h,мм | dср. |
| Тонкий | 200 | 145 | 55 |
| Фужер | 50 | 110 | 44 |

Таким образом, используя программу Spectroid для определения частоты звуковых волн и громкости звука, были получены следующие результаты, приведенные в таблице 2 и таблице 3. Были использованы разные бокалы и объём воды в них был разный.

Второй эксперимент показывает, как изменяется положение шарика, вследствие с воздействием на него звуковых волн, издаваемых бокалом. Т.к. в результате проведения первого эксперимента бокал издает звуковые волны, то эти волны могут влиять на положение шарика. В ходе эксперимента 2 было выяснено, что заметнее всего было отклонение шарика при использовании тонкостенного бокала, с объёмом воды 40мл.

Таблица 2(для тонкостенного бокала) «Зависимость частоты и громкости звука от объёма воды»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | V1,мл | V2,мл | V3,мл |
|  | 40 | 100 | 160 |
| u,Гц | 1453 | 1380 | 1160 |
| L,dB | -30 | -24 | -22 |

В бокал с тонкими стенками была налита вода объёмами 40, 100 и 160 мл.

При объёме в 40мл была получена самая высокая частота звука 1453Гц и самый высокий уровень громкости -30dB. При объёме 100 мл значение частоты звука 1380Гц, а громкости -24dB. С объёмом воды 160мл зафиксированы самые низкие показатели из приведенных, частота звука 1160Гц, громкость -22dB.

Таблица 3(для фужера) «Зависимость частоты и громкости звука от объёма воды»

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Параметры | V1,мл | V2,мл | | V3,мл | |
|  | 10 | 30 | | 40 | |
| u,Гц | 1405 | 1343 | | 1007 | |
| L,dB | -30 | | -23 | | -20 |

Такие же измерения были проведены для фужера. При объёме 10мл самое высокое значение частоты звука 1405Гц, громкости звука -30dB. При объёме 30мл частота звука 1343Гц, громкость -23dB. И при самом большом объёме 40мл были получены самые низкие показания, частота звука 1007Гц, громкость звука -20dB.

Из полученных данных делаем вывод, что чем больше объём воды в бокале, тем меньше значения частоты и громкости звука. Соответственно звук становится ниже тональностью.

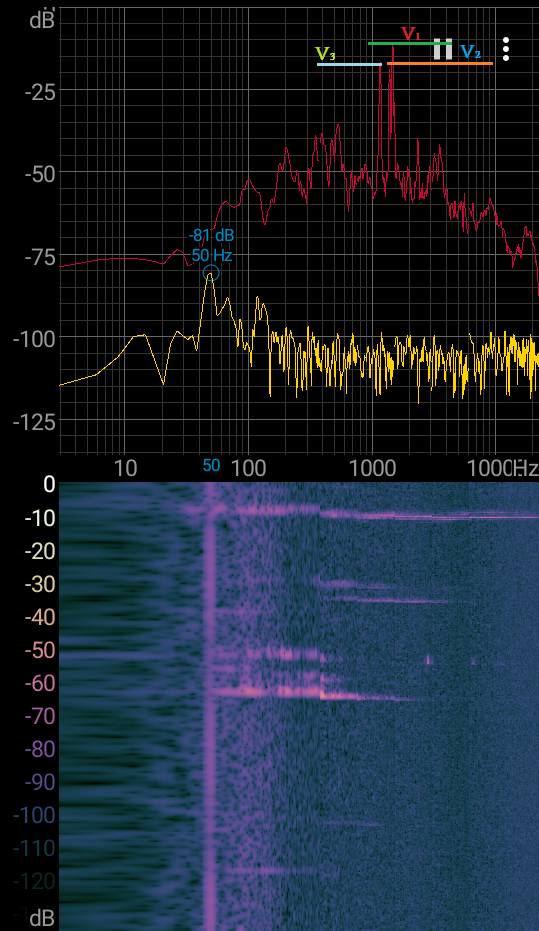
На рисунке 1 показаны показатели, полученные в результате измерения с помощью программы Spectroid.

Красный V1 - зеленый отрезок

Голубой V2 - оранжевая линия

Желтый V3 - ярко-голубая

Рисунок 1. Анализ спектра звука в приложении Spectroid



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам эксперимента удалось выяснить природу возникновения резонанса, а также была выявлена зависимость громкости звука объема воды и характера стенок бокала.

Цель работы была достигнута, все поставленные задачи выполнены.

Подводя итог можно сказать, что резонанс имеет широкое практическое применение, не смотря на его отрицательное влияние. Изучив положительное влияние резонанса можно отметить, методы борьбы с "вредным" резонансом бокала, а также зависимость частоты и громкости от характера бокала и объёма воды.

# ЛИТЕРАТУРА

1. life.mosmetod.ru/index.php/item/rezonans-polza-i-vred
2. elkin52.narod.ru/zadichi/stakan.htm
3. stroitelstvo-new.ru/tehnika/rezonans-v-tehnike.shtml
4. ktonanovenkogo.ru/voprosy-i-otvety/rezonans-chto-ehto-takoe-prostymi-slovami.html
5. ru.wikipedia.org/wiki/Резонанс
6. Донат Б. Физика в играх: Пер. с нем. - М.: Центрполиграф, 2012. - 270, [2] с. - (Азбука науки для юных гениев)
7. fis.wikireading.ru/3770
8. studylib.ru/doc/4737549/sposoby-bor.\_by-s-rezonansom