

VI Международная конференция учащихся
«НАУЧНО-ТВОРЧЕСКИЙ ФОРУМ»

Создание действующей модели трубы Рубенса

Автор работы:

Платонов Максим

Васильевич,

11 класс МБОУ «Средняя

общеобразовательная школа №46»

Россия г.Калуга

*Научный руководитель: Иванова Татьяна Анатольевна,
учитель физики МБОУ «Средняя общеобразовательная школа №46»*

Калуга, 2025 год

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	4
§ 1.1. Звуковые волны	4
§ 1.3. Что такое труба Рубенса?	6
Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
§ 2.1 Социальный опрос.....	7
§ 2.2. Выбор оборудования, инструментов, приспособлений	7
§ 2.3. Изготовление модели трубы Рубенса.....	9
§ 2.4. Оценка работоспособности	12
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	15
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	16
Приложение 1. Результаты опроса.	17
Приложение 2. Повторный опрос.	21
Приложение 3. Экономический расчёт.	23
Приложение 4. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами.....	24
Приложение 5. Техника безопасности при работе с электрооборудованием (паяльник)	24

ВВЕДЕНИЕ

Ежедневно каждый из нас подвергается воздействию множества факторов. Это запахи, тепловое воздействие, излучение различных приборов, и, конечно, звуки. Звуки окружают нас повсюду, зачастую мы не можем их выбирать – шум проезжающих машин, работ на стройке, чья-то речь или навязчивая музыка. Каждый из звуков несёт в себе определённую информацию и человек по-разному реагирует на них. Поэтому изучение природы звука – один из важных и занимательных частей физики. При изучении механических волн их, возможно, представить наглядно, а звуковые волны представляют как абстрактную модель.

Перед началом практической работы я ознакомился с литературой и возможными вариантами создания трубы Рубенса. После ознакомления с теорией я приступил к созданию модели трубы Рубенса.

Нередко в школе возникает проблема нехватки приборов для демонстрации физических явлений. В связи с отсутствием наглядных примеров у учащихся пропадает интерес к физике. Из этого и вытекает проблема, решением которой призвана послужить моя проектная работа: отсутствие среди оборудования школьного кабинета физики прибора, позволяющего продемонстрировать учащимся звуковые волны.

Окончательный результат проекта будет представлять собой функционирующую модель трубы Рубенса, способную показывать звуковые волны и даст возможность учащимся углубиться в мир физики и технических наук.

Глава 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

§ 1.1. Звуковые волны

Волна – возбуждение среды, распространяющееся в пространстве и времени или в фазовом пространстве с переносом энергии и без переноса массы. [2, с. 33]

Звук – физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде. [2, с. 34]

Звуковые волны могут служить примером колебательного процесса. Всякое колебание связано с нарушением равновесного состояния системы и выражается в отклонении её характеристик от равновесных значений с последующим возвращением к исходному значению. Для звуковых колебаний такой характеристикой является давление в точке среды, а её отклонение – звуковым давлением. В процессе распространения частицы среды лишь совершают колебания около положений равновесия. Однако волны переносят энергию колебаний от одной точки среды к другой. Характерной особенностью механических волн является то, что они распространяются в материальных средах (твёрдых, жидких или газообразных). Существуют волны, которые способны распространяться и в пустоте (например, световые волны). [9]

- Длиной волны называют расстояние между двумя соседними точками волны, колеблющимися в одинаковых фазах.
- Расстояние, равное длине волны λ , волна пробегает за время равное периоду колебаний T , v – скорость распространения волны.

$$\lambda = vT$$

Звуковая волна, распространяясь в упругой среде (например, в воздухе), создаёт области повышенного и пониженного давления, чередующиеся друг с другом. При этом, звуки разной высоты, создают разные по длине волны

(длина волны – расстояние между двумя областями с повышенным или пониженным давлением). Эти волны распространяются, накладываются друг на друга, отражаются от различных поверхностей и со временем затухают.[9]

§ 1.2. Стоячие волны

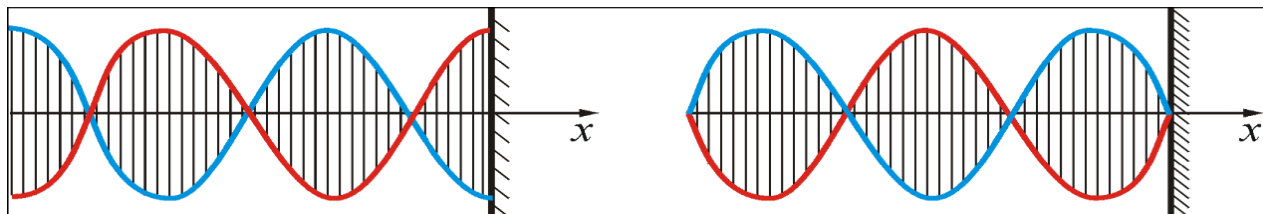
Стоячая волна – колебания в распределённых колебательных системах с характерным расположением чередующихся максимумов и минимумов амплитуды. Практически такая волна возникает при отражениях от преград и неоднородностей в результате наложения отражённой волны на падающую. При этом, крайне важное значение имеет частота, фаза и коэффициент затухания волны в месте отражения. Так же стоячей волной называется волна, образующаяся в результате наложения двух бегущих синусоидальных волн, которые распространяются навстречу друг другу и имеют одинаковые частоты и амплитуды, а в случае поперечных волн еще и одинаковую поляризацию. Примерами стоячей волны могут служить колебания струны, колебания воздуха в органной трубе. [10, с. 41]

Стоячие волны образуются при наложении двух бегущих волн, распространяющихся навстречу друг другу с одинаковыми частотами и амплитудами. Практически стоячие волны возникают при отражении от преград. [5, с. 68]

Чисто стоячая волна, строго говоря, может существовать только при отсутствии потерь в среде и полном отражении волн от границы. Обычно, кроме стоячих волн, в среде присутствуют и бегущие волны, подводящие энергию к местам её поглощения или излучения. [5, с. 68]

Стоячие волны являются решениями волновых уравнений. Их можно представить себе как суперпозицию волн, распространяющихся в противоположных направлениях. [10, с. 41]

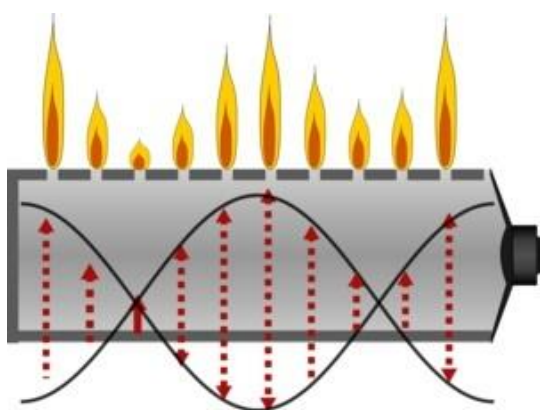
При существовании в среде стоячей волны, существуют точки, амплитуда колебаний в которых равна нулю. Эти точки называются узлами стоячей волны. Точки, в которых колебания имеют максимальную амплитуду, называются пучностями. [9]



§ 1.3. Что такое труба Рубенса?

Труба Рубенса — физический эксперимент по демонстрации стоячей волны, основанный на связи между звуковыми волнами и давлением воздуха или газа.

Эксперимент заключается в использовании отрезка трубы, перфорированного по всей длине. Один конец подключается к маленькому динамику, а второй — к источнику горючего газа. Труба заполнена горючим газом, так что просачивающийся через отверстия газ горит. Если используется постоянная частота, то в пределах трубы может сформироваться стоячая волна. Когда динамик включён, в трубе формируются области повышенного и пониженного давления. Там, где благодаря звуковым волнам находится область повышенного давления, через отверстия просачивается больше газа и высота пламени больше. Благодаря этому можно измерить длину волны, просто измеряя рулеткой расстояние между пиками. [10]



Глава 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

§ 2.1 Социальный опрос

В начале проектной деятельности мной был проведён опрос. Для этого я составил социальный опрос на платформе Google Forms (опрос доступен по ссылке: <https://forms.gle/SBU4mzejMvZkKZzF9>). Результаты опроса представлены в Приложении 1.

§ 2.2. Выбор оборудования, инструментов, приспособлений

Перед началом, я ознакомился с различными вариациями данного эксперимента. Для создания своей модели мне потребовалось следующее оборудование, инструменты и материалы:

Алюминиевая труба

Усилитель звука ZK-152

Холодная сварка Рохірол

Динамик F30C-D594

Ножовка по металлу

Переход с чугуна на пластик

Паяльник Weller

Припой 1 мм

Провода

Газовый баллон

Насадка-горелка

Адаптер питания

Колонка SVEN



Рисунок 2.1 Алюминиевая труба



Рисунок 2.2 Холодная сварка Рохірол



Рисунок 2.3 Переход с чугуна на пластик



Рисунок 2.4 усилитель звука ZK-152



Рисунок 2.5 Динамик F30C-D594



Рисунок 2.6 Паяльник Weller



Рисунок 2.7 Припой 1мм



Рисунок 2.8 Газовый баллон



Рисунок 2.9 Провода



Рисунок 2.10 Ножовка по металлу



Рисунок 2.11 Насадка-горелка

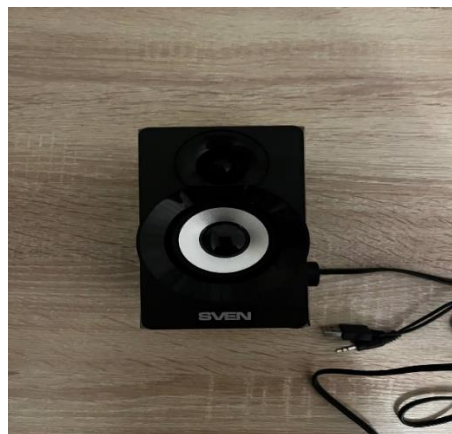


Рисунок 2.12 Колонка SVEN

§ 2.3. Изготовление модели трубы Рубенса

Первый этап моей работы заключался в подготовке трубы. Я разметил маркером на трубе через каждый сантиметр 70 отверстий (см фото 2.13-2.15). Далее просверлил отверстия сверлом 3мм



Рисунок 2.13 Алюминиевая труба без разметки



Рисунок 2.14 Алюминиевая труба с разметкой



Рисунок 2.15 Алюминиевая труба с просверленными отверстиями

Дальше нужно было прикрепить переходники для динамика и насадки для газового баллона. В качестве крепежа я использовал холодную сварку. С одной стороны я прикрепил переходник для динамика, а с другой переходник для насадки (см фото 2.16-2.17). Следующим этапом нужно было прикрепить детали к переходникам, тут я тоже использовал холодную сварку в качестве крепежа (см фото 2.18-2.19).



Рисунок 2.16 Труба с переходником насадки



Рисунок 2.17 Труба с переходником для динамика



Рисунок 2.18 Труба с насадкой для газового баллона



Рисунок 2.19 Труба с динамиком

К плюсу и минусу усилителя звука я подсоединил два провода, в специально отведённые для проводов терминалы. Другие концы проводов я припаял к динамику, минус к минусу, плюс к плюсу. В качестве припоя использовал канифоль



Рисунок 2.20 Динамик с припаянным усилителем звука

Как оказалось позже обычный динамик не подходит для демонстрации стоячих волн, при подаче частот в трубе не создаются области повышенного и пониженного давления, огонь, конечно, реагирует на звук, но увидеть стоячие волны не получится. (см фото 2.21). Вследствие первой неудачи мне пришлось заменить данный динамик на компьютерную колонку SVEN с выходной мощностью 6 Вт. Так же с помощью армированного скотча со стороны подачи звука я сделал мембрану. (см фото 2.22)



Рисунок 2.21 Труба Рубенса с динамиком



Рисунок 2.22 Мембрана из армированного скотча

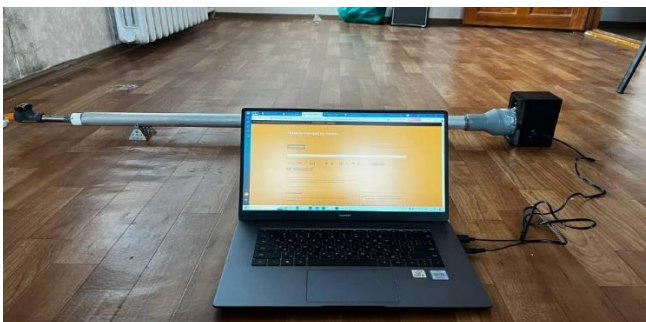


Рисунок 2.23 Труба Рубенса в полной сборке

§ 2.4. Оценка работоспособности

После полной сборки трубы Рубенса я приступил к проверке работоспособности прибора. В качестве генератора звуковой волны я использовал ноутбук. Задавая определённые частоты мне удалось отчётливо увидеть стоячую волну. Результаты эксперимента представлены на рисунках 2.24-2.26.



Рисунок 2.24 Вид волны при частоте 600 Гц



Рисунок 2.25 Вид волны при частоте 700 Гц



Рисунок 2.26 Вид волны при частоте 1000 Гц

§ 2.6. Индикаторы успешности

По завершении работы над изготовлением модели трубы Рубенса, в программе для видеомонтажа «Cap Cut» я смонтировал видеоролик, наглядно показывающий и объясняющий устройство и принцип работы моего проекта. В нем кратко и понятно описываются основные аспекты действия трубы Рубенса, демонстрируется ее работа.

Видеоролик я разместил на платформе YouTube:
https://youtu.be/x0R8JOY_gN0?si=WdVlwBJWQqe2GTos

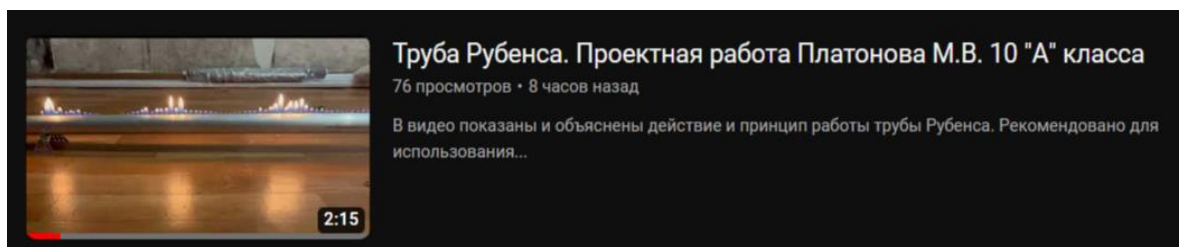


Рисунок 2.27 Количественные индикаторы успешности проектной деятельности
(положительные оценки)

Так же я провел повторный опрос среди учащихся чтобы узнать их мнение о моём проекте, полученные данные представлены в Приложении 2

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучаемый с начала 18 века раздел физики «Атмосферная физика» до сих пор будоражит умы не только ученых, но и любителей. Однако, в силу специфики раздела, многим обучающимся средней и старшей школы овладение данной темой дается не просто. Очень важно заинтересовать учеников и поддерживать их мотивацию на протяжении всего курса обучения для того, чтобы в дальнейшем они смогли достичь отличных результатов и усвоить материал.

Для качественного осуществления проектной деятельности, я поочередно выполнял все поставленные задачи. Углубление в основы акустической физики помогло мне в выборе итогового продукта проекта: проанализировав возможные вариации изготовления трубы Рубенса, оценив их достоинства и недостатки, я решил создать модель трубы Рубенса – специализированное оборудование для изучения звуковых и стоячих волн. Выбранная мной модель трубы Рубенса может быть изготовлена учащимися самостоятельно, на дополнительных уроках в школе или дома.

В процессе создания я получил новые навыки работы с паяльником и дрелью. Соблюдение необходимых требований техники безопасности (см. Приложение 5. Техника безопасности при работе с электрооборудованием и Приложение 4. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами) позволило мне не допустить неблагоприятного воздействия опасных производственных факторов на себя и окружающих.

Не все получалось с первого раза: некоторые материалы оказались неподходящими для работы. Например, обычный динамик не подходил для демонстрации стоячей волны и нужна была именно колонка, так как колонки обладают акустическим эффектом, а динамик просто усиливает громкость звука. Однако, с помощью новых знаний и приобретенного опыта указанные проблемы мне удалось решить.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ И ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физика 10 класс. Учебник для общеобразовательных организаций: базовый и углубленный уровни / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. – 7-е изд. – М. : Просвещение, 2020. – 432 с. : ил. – (Классический курс). – ISBN 978-5-09-074278-8.
2. Физика. 9 класс Черникова, Ольга Алексеевна.. - Москва : Просвещение, 2022.; ISBN 978-5-09-102920-8
3. Скачедуб Александр Валерьевич. Механика. Кинематика и динамика: лабораторный практикум / А. В. Скачедуб; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Кубанский государственный университет. - Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2020. - 21 с.: ил., табл.; 21 см.; ISBN 978-5-8209-1835-3
4. Введение в акустику, радиофизику и оптику: учебное пособие для студентов вузов по направлению подготовки "Прикладные математика и физика" / Г. С. Горелик; под ред. С. М. Рытова. - Изд. 3-е. - Москва
5. Власова Ирина Геннадьевна. Физика. 10 класс. - Москва: Просвещение, 2022.; ISBN 978-5-09-103028-0
6. Физика. 7 класс: учебник для общеобразовательных организаций / О. Ф. Кабардин. - 9-е изд. - Москва: Просвещение, 2021. (ФГОС).; ISBN 978-5-09-077596-0
7. Физика. Колебания и волны. 11 класс. Углубленный уровень: учебник / Г. Я. Мякишев, А. З. Синяков. - 8-е изд., стер. - Москва: Дрофа, 2020. ISBN 978-5-358-23183-2
8. История развития акустики. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://web.snauka.ru/issues/2019/01/88494>
9. Звуковые волны. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://waveforms.samesound.ru/>
10. Труба Рубенса. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://science-start.ru/ru/article/view?id=21>

Приложение 1. Результаты опроса.

Результаты опроса, показали, что большинство участников проявляют интерес к физике и физическим экспериментам (результаты опроса представлены на Диаграммах 1.1, 1.2 и 1.3). Это свидетельствует о том, что физика имеет значительное влияние на людей и вызывает их любопытство.

Интересна ли Вам физика?

86 ответов

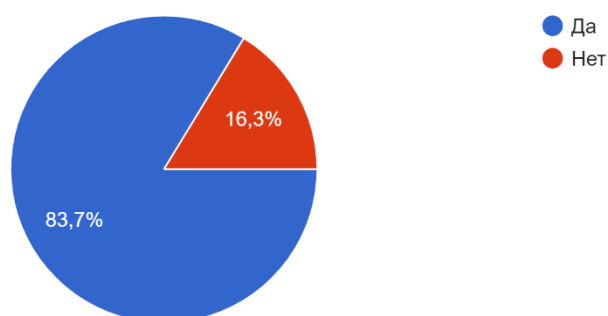


Диаграмма 1.1 Ответ опрошенных на вопрос «Интересна ли Вам физика?»

83,7% от общего числа опрошенных на вопрос «Интересна ли Вам физика?» дают утвердительный ответ (72 участника опроса).

94,2% от общего числа опрошенных на вопрос «Интересны ли Вам физические эксперименты?» дают утвердительный ответ (81 участник опроса).

96,5% от общего числа опрошенных на вопрос «Интересно ли вам наблюдать за необычными физическими явлениями?» дают утвердительный ответ (83 участника опроса).

Интересны ли Вам физические эксперименты?

86 ответов

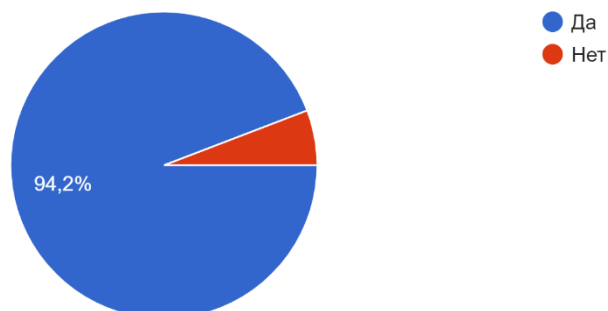


Диаграмма 1.2 Ответ опрошенных на вопрос «Интересны ли Вам физические эксперименты?»

Интересно ли Вам наблюдать за необычными физическими явлениями?

86 ответов

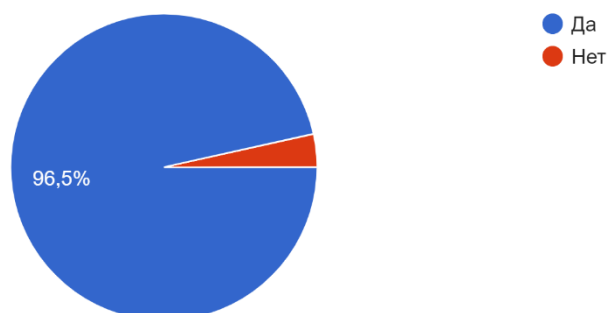


Диаграмма 1.3 Ответ опрошенных на вопрос «Интересно ли вам наблюдать за необычными физическими явлениями?»

Продолжая дальше анализировать данные социального опроса (Диаграммы 1.4, 1.5, и 1.6), можно сделать вывод, что выбранная мной тема актуальна и интересна. Опрошенным было бы проще понять какую-либо тему, с помощью модели (эксперимента) и многие хотели, чтобы в школе тема звуковых волн объяснялась на примере трубы Рубенса.

20,9% от общего числа опрошенных на вопрос «Знаете ли Вы что такое звуковые волны?» дают отрицательный ответ (18 участников опроса).

97,7% от общего числа опрошенных на вопрос «Вам было бы проще понять какую-либо тему, если бы Вы видели демонстрацию с помощью модели (эксперимента)?» дают утвердительный ответ (84 участника опроса).

95,3% от общего числа опрошенных на вопрос «Вы бы хотели, чтобы в школе тему звуковые волны объясняли на примере трубы Рубенса?» дают утвердительный ответ (81 участник опроса).

Знаете ли Вы что такое звуковые волны?

86 ответов

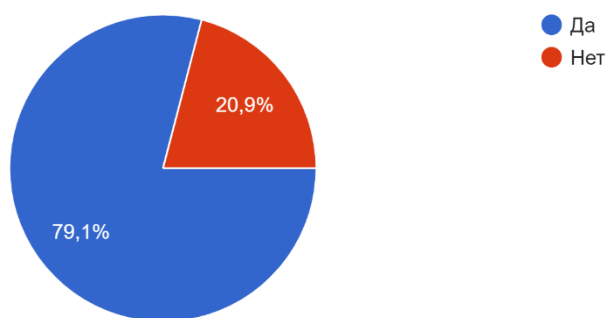


Диаграмма 1.4 Ответ опрошенных на вопрос «Знаете ли Вы что такое звуковые волны?»

Вам было бы проще понять какую-либо тему, если бы Вы видели демонстрацию с помощью модели (эксперимента) ?

86 ответов

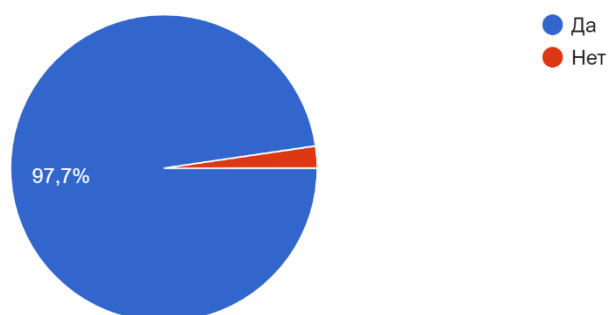


Диаграмма 1.5 Ответ опрошенных на вопрос «Вам было бы проще понять какую-либо тему, если бы Вы видели демонстрацию с помощью модели (эксперимента)?»

Вы бы хотели, чтобы в школе тему звуковые волны объясняли на примере трубы Рубенса?

85 ответов

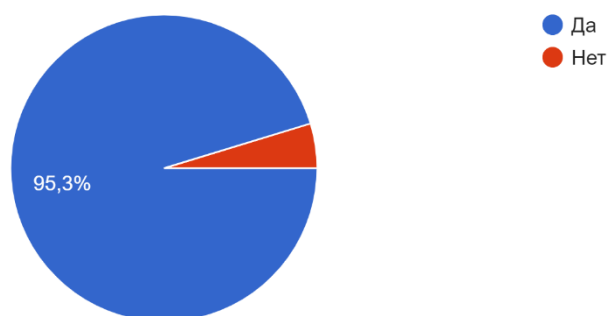


Диаграмма 1.6 Ответ опрошенных на вопрос «Вы бы хотели, чтобы в школе тему звуковые волны объясняли на примере трубы Рубенса?»

Приложение 2. Повторный опрос.

Помогла ли наглядная демонстрация прибора для освоения темы на уроке?

86 ответов

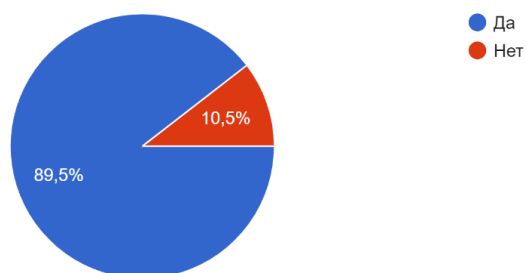


Диаграмма 1.7. Ответ на вопрос: «Помогла ли наглядная демонстрация прибора для освоения темы на уроке?»

Расширились ли Ваши познания в теме «Акустика»?

86 ответов

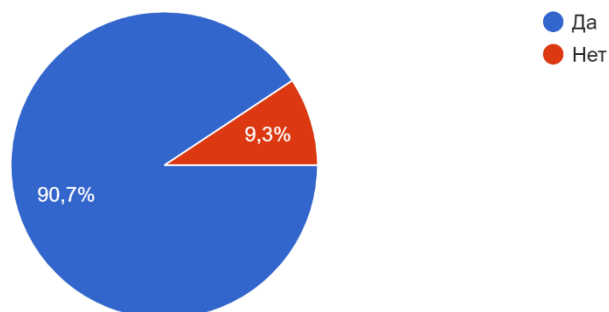


Диаграмма 1.8. Ответ на вопрос: «Расширились ли Ваши познания в теме «Акустика»?»

Узнали ли Вы что то новое о звуковых волнах?

86 ответов

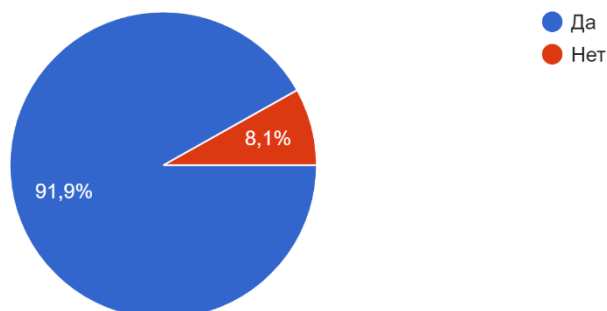


Диаграмма 1.9. Ответ на вопрос: «Узнали ли Вы что то новое о звуковых волнах?»

Стал ли Вам понятен принцип возникновения стоячих волн?

86 ответов

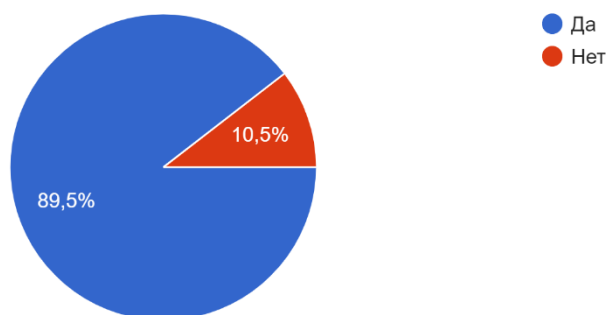


Диаграмма 1.10. Ответ на вопрос: «Стал ли Вам понятен принцип возникновения стоячих волн?»

Приложение 3. Экономический расчёт.

Наименование единицы материала/оборудования	Цена	Количество	Стоимость, рублей
Компьютерная колонка SVEN	1034 рублей/штука	1 штука	1034
Алюминиевая труба	630 рублей/штука	1 штука	630
Усилитель звука ZK-152	389 рублей/штука	1 штука	389
Динамик F30- D594	700 рублей/штука	1 штука	700
Холодная сварка Roxipol	525 рублей/штука	1 штука	535
Переход с чугуна на пластик	306 рублей/штука	1 штука	306
Газовый баллон	156 рублей/штука	1 штука	156
Насадка горелка для газового баллона	449 рублей/штука	1 штука	449
Итого:			4194

Приложение 4. Техника безопасности при работе с колющими и режущими инструментами

1. Работать разрешается только исправными инструментами: нельзя использовать тупые ножницы с ослабленным шарнирным креплением;
2. По размеру, отвёртка должна соответствовать размеру шурупа;
3. Нельзя держать левую руку вблизи режущего инструмента; не оставлять ножницы с открытыми лезвиями;
4. Следует правильно держать инструмент во время работы: отвертка должна лежать в правой руке, левая рука придерживает и направляет шуруп; по отношению к шурупу, отвёртка должна располагаться строго вертикально;
5. Передавать отвёртку можно только вперёд ручкой; закрытые ножницы передавать кольцами вперед;
6. Нельзя держать ножницы лезвиями вверх;
7. При работе с ножницами нужно внимательно следить за линией разреза;
8. По окончании работы, инструменты нужно убирать на место хранения.

Приложение 5. Техника безопасности при работе с электрооборудованием (паяльник)

1. Перед началом работы убедиться в исправности корпуса прибора, проводов и вилки; не использовать неисправные приборы;
2. Чтобы не возникло пожара, при работе с паяльником нужно убрать все легковоспламеняющиеся предметы и жидкости с рабочего места;
3. Перед каждой новой пайкой производить дополнительную механическую чистку жала паяльника;
4. Не следует перегревать паяльник до максимальной температуры, так как канифоль при контакте с раскаленным жалом сильно дымится;
5. Паяльник всегда требуется класть на подставку; при работе паяльник можно держать только за ручку;

6. Нужно периодически проветривать помещение, чтобы в воздухе не возникало скопления вредных веществ;