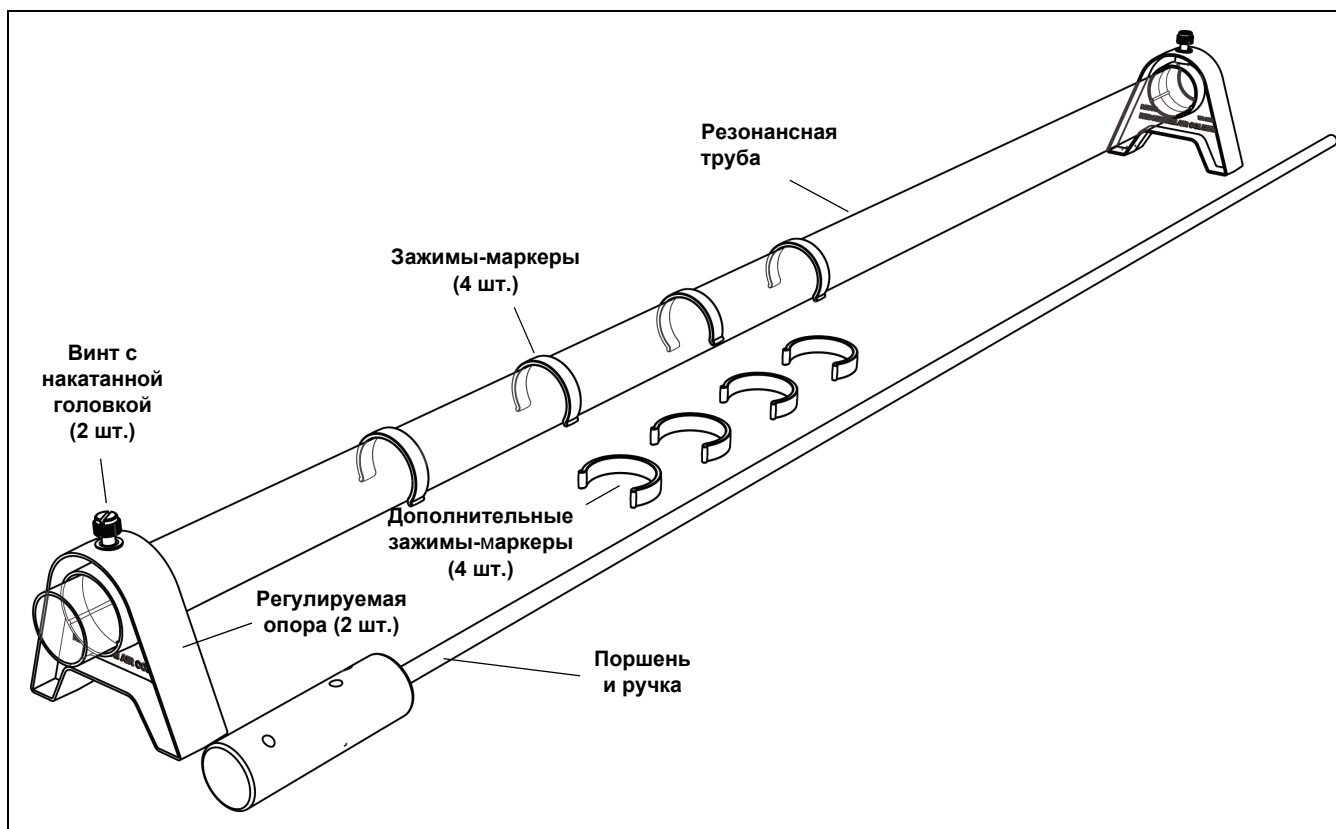


Резонансная труба

WA-9606



Оборудование

Включённые позиции
Резонансная труба, 120 см
Регулируемая опора (2 шт.)
Поршень и ручка
Зажим-маркер (8 шт.)

Резонансная труба WA-9606 предназначена для работы с миниатюрной акустической системой WA-9605 производства PASCO. Для воспроизведения звука и работы с резонансной

трубой необходимо подключить миниатюрную акустическую систему к генератору сигнала.

Требуемое оборудование*
Миниатюрная акустическая система (WA-9605)
Коммутационные шнуры с заглушками типа «банан» (например, EM-9740)
Генератор сигнала (см. далее)

Для работы миниатюрной акустической системы необходимо использовать генератор сигнала, такой как функциональный генератор или интерфейс PASCO с функцией генератора сигнала (например, универсальный интерфейс UI-5000 850 или интерфейс CI-7650 750), и программное обеспечение для обработки данных PASCO (например, PASCO Capstone*).

Рекомендуемое оборудование*

Функциональный генератор (например, PI-8127)

ИЛИ

Компьютерный интерфейс PASCO

Программное обеспечение PASCO для обработки данных

* Дополнительная информация доступна на веб-сайте www.pasco.com.

Введение

Резонансная труба PASCO — это пластиковая прозрачная труба, используемая с миниатюрной акустической системой WA-9605 для демонстрации распространения звуковых волн в трубе. В воздушной трубе можно установить структуры стоячей волны и определить расположение узлов и пучностей. Можно также измерить скорость звука в воздухе.

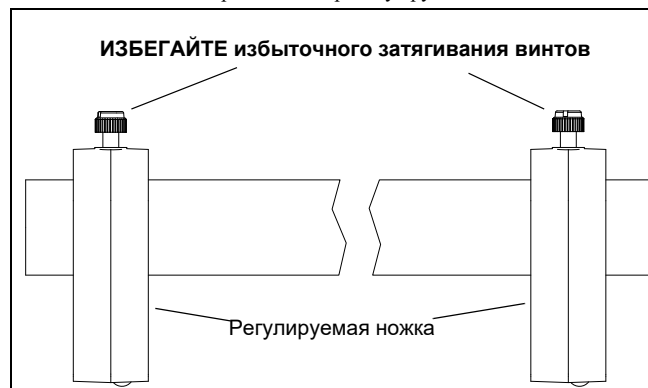
Подвижный поршень позволяет отрегулировать длину резонирующего воздушного столба.

Настройка

Сборка резонансной трубы

Поместите регулируемые опоры на обоих концах резонансной трубы и отступите примерно на 2 см от конца трубы. Используйте поставляемый в комплекте винт с накатанной головкой, чтобы закрепить опору.

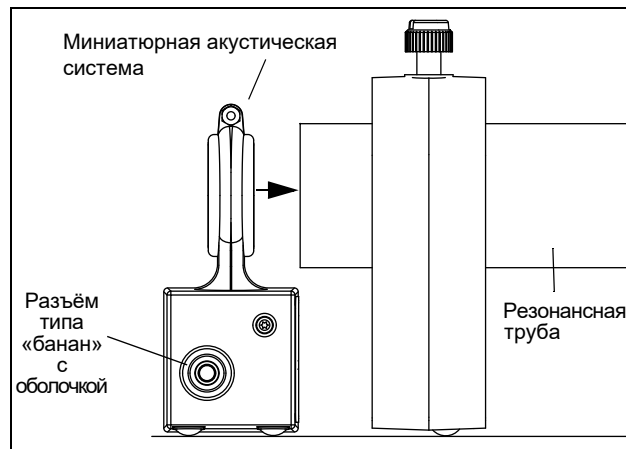
- **ВНИМАНИЕ:** слишком тугое затягивание винтов с накатанной головкой может привести к перекоосу трубы.



Установка миниатюрной акустической системы

Поместите миниатюрную акустическую систему на один конец резонансной трубы таким образом, чтобы корпус миниатюрной акустической системы находился в конце трубы. Подключите два коммутационных шнура с заглушками типа «банан» к разъемам типа «банан», расположенным с обеих сторон основания миниатюрной

акустической системы. Подключите другой конец коммутационных шнуров к генератору сигнала, например к функциональному генератору PI-8127, или к компьютерному интерфейсу PASCO с функционалом генератора сигналов, например к универсальному интерфейсу UI-5000 850.



Установите частоту генератора сигнала примерно на 100 Гц, а амплитуду — на 0. Включите генератор сигнала. Медленно увеличивайте амплитуду сигнала до тех пор, пока не услышите звук из громкоговорителя.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: не превышайте амплитуду равную 4 В.

Настройка длины резонансной трубы

Используйте поршень и ручку для регулировки длины резонирующего воздушного столба в трубе. Вставьте поршень в конец трубы, противоположный от миниатюрной акустической системы.

Используйте ручку для перемещения поршня на новое положение в трубе.

Зажимы-маркеры

Зажимы-маркеры фиксируются на трубе и используются для обозначения положения поршня, соответствующего длине воздушного столба, создающего режим резонанса.

Исследование режимов резонанса

Исследуйте режимы резонанса воздушного столба, регулируя частоту звуковых волн от громкоговорителя или регулируя длину воздушного столба в трубе. Слушайте громкость звуковых волн в трубе и обратите внимание на громкость при смене частоты звуковых волн и/или длины воздушного столба.

- **ПРИМЕЧАНИЕ:** открытой принято считать трубу, открытую с обоих концов. Закрытой считается труба, закрытая на одном конце и открытая на другом. Поэтому миниатюрная акустическая система должна располагаться на расстоянии нескольких сантиметров от конца трубы, чтобы конец трубы с громкоговорителем был открытым.

Теоретическая информация о волнах в трубах

Звуковые волны

Когда мембрана громкоговорителя вибрирует, создается звуковая волна, распространяющаяся в воздухе. Звуковая волна состоит из небольших колебаний молекул воздуха в направлении к динамике и от него. Если бы можно было увидеть некоторый объем воздуха рядом с громкоговорителем, можно было бы обнаружить, что объем воздуха не перемещается далеко, а скорее колеблется, двигаясь к динамике и от него, на частоте вибраций динамика. Это движение очень похоже на волны, распространяющиеся по струне. Важное отличие — если посмотреть на небольшую часть струны, то можно увидеть, что её колебательное движение поперечно направлению распространения волны на струне. Движение небольшого объема воздуха в звуковой волне происходит параллельно направлению распространения волны. По этой причине звуковая волна называется продольной.

Также волну можно представить как серию сжатий и разрежений. Когда мембрана громкоговорителя перемещается наружу, воздух около мембраны сжимается, создавая небольшой объем воздуха относительно высокого давления, т. е. происходит *сжатие*. Этот небольшой объем воздуха высокого давления сжимает прилегающий к нему воздух, который, в свою очередь, сжимает воздух, прилегающий к нему. Поэтому высокое давление распространяется от громкоговорителя. Когда мембрана громкоговорителя перемещается внутрь, вблизи мембраны создается объем воздуха низкого давления и происходит разрежение. Это *разрежение* также распространяется от громкоговорителя.

Как результат, звуковая волна распространяется во всех направлениях от источника волны. В то же время изучение звуковых волн можно упростить, если ограничить движение распространения до одного измерения, как это происходит в резонансной трубе.

Стоячие волны в трубе

Стоячие волны образуются на колеблющейся струне, когда волна отражается от конца струны таким образом, что отраженная волна накладывается на первичную волну. Стоячие волны также возникают, когда звуковая волна отражается от конца трубы.

У стоячей волны на струне есть узлы (т. е. точки, в которых струна не перемещается) и пучности (т. е. точки, в которых струна колеблется вверх и вниз с максимальной амплитудой). По аналогии с этим стоячая звуковая волна содержит узлы смещения (т. е. точки, где воздух не колеблется очень сильно) и пучности смещения (т. е. точки с максимальной амплитудой колебания воздуха). У волны также есть узлы и пучности давления. В действительности узлы давления встречаются при пучностях смещения, а пучности давления встречаются в узлах смещения. Данное явление можно понять, если представить, что пучности давления находятся между двумя пучностями смещения, которые колеблются со сдвигом фазы в 180° . Когда воздух двух пучностей смещения движется друг к другу, давление пучности давления становится максимальным. Когда они движутся друг от друга, давление снижается до минимума.

Отражение звуковой волны происходит как на открытых, так и на закрытых концах трубы. Если конец трубы закрыт, то воздуху некуда двигаться; поэтому узел смещения (пучность давления) должен находиться на закрытом конце. Если конец трубы открыт, давление очень близко к давлению в комнате; поэтому узел давления (пучность смещения) должен находиться на открытом конце трубы.

Резонанс

Как описано выше, стоячая волна возникает, когда волна отражается от конца трубы, а отраженная волна накладывается на первичную волну. Фактически звуковая волна будет многократно отражаться от концов трубы, и эти множественные отражения будут накладываться друг на друга. В общем случае не все многократно отраженные волны будут находиться в фазе, и амплитуда волнового рисунка будет мала. Однако на определенных частотах все отраженные волны находятся в фазе, что приводит к появлению стоячей волны очень высокой амплитуды. Такие частоты (когда звук в трубе наиболее громкий) называются резонансными.

При исследовании взаимосвязи между длиной трубы и частотами, на которых происходит резонанс, условия возникновения резонанса можно воспринимать как длину волны волновой структуры, а не как частоту. Режимы резонанса также зависят от того, открыты или закрыты концы трубы. Для открытой трубы (трубы, открытой с обоих концов) резонанс возникает, когда длина волны λ удовлетворяет условию:

$$L = n\lambda/2, n = 1, 2, 3, 4, 5, \dots,$$

где L — длина трубы.

Эти длины волн позволяют создать структуру стоячей волны таким образом, что на каждом конце трубы естественным образом возникает узел давления (пучность смещения) волновой структуры. Утверждение, что между концами трубы находится целое число полувольт, также характеризует резонансные состояния.

Для закрытой трубы резонанс возникает, когда длина волны λ удовлетворяет условию:

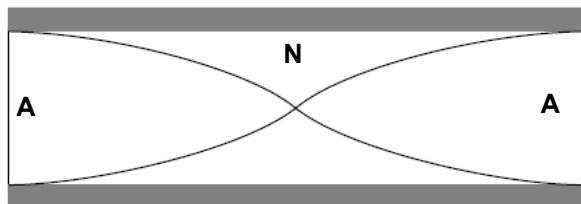
$$L = n\lambda/4, n = 1, 3, 5, 7, 9, \dots,$$

где L — длина воздушного столба.

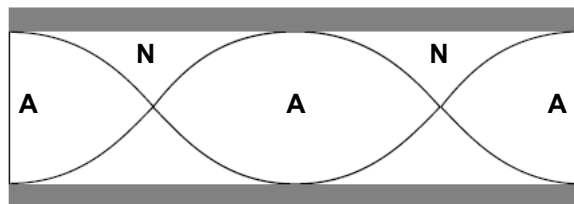
Эти длины волн позволяют создать структуру стоячей волны таким образом, что на открытом конце трубы естественным образом возникает узел давления (пучность смещения), а на закрытом конце естественным образом возникает пучность давления (узел смещения). Для открытой трубы каждое последующее значение n описывает состояние, в котором половина длины волны находится между концами трубы.

Режимы резонанса

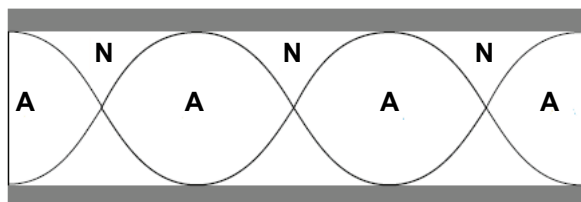
Первые четыре режима резонанса для открытых и закрытых труб проиллюстрированы далее. Первый режим резонанса ($n = 1$) называется основным. Последующие режимы резонанса называются обертонами. На изображении в каждом случае показано относительное смещение. Узел смещения обозначен как N , а пучность смещения — как A .



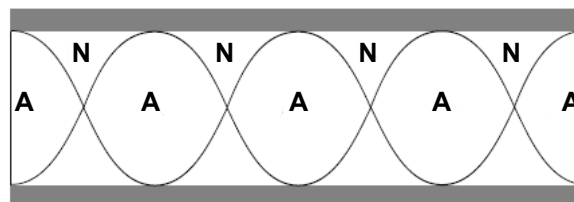
Основной режим открытой трубы



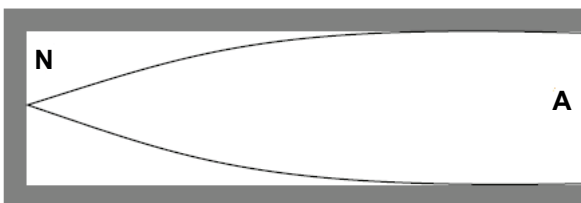
Первой обертона



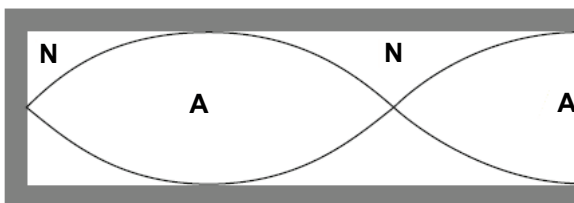
Второй обертона



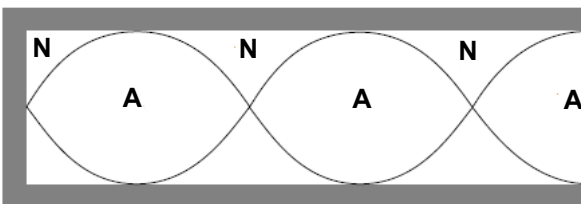
Третий обертона



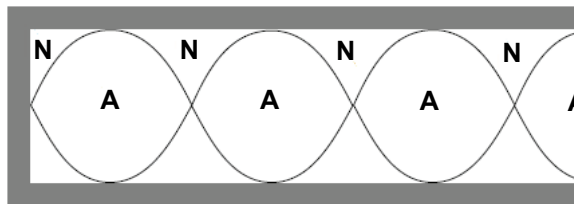
Основной режим закрытой трубы



Первой обертона



Второй обертона



Третий обертона

Эти формулы и иллюстрации резонанса в трубе являются приближенными главным образом потому, что поведение звуковых волн на концах трубы (особенно на открытом конце) частично зависит от таких факторов, как частота волн и диаметр трубы. Концы трубы не являются точными узлами или пучностями.

Корректировка конечного эффекта

Данный эксперимент полезен для исследования поведения волны на концах трубы. По причине такого поведения эффективная длина трубы немного больше измеряемой длины. Следующие эмпирические формулы дают приблизительное описание требований к резонансу для стоячих волн в трубе.

Для открытой трубы: $L + 0,6(d) = n\lambda/2$, $n = 1, 2, 3, 4, \dots$,

где L — длина трубы, d — диаметр трубы.

Для закрытой трубы: $L + 0,3(d) = n\lambda/4$, $n = 1, 3, 5, 7, \dots$,

где L — длина трубы, d — диаметр трубы.

Эксперименты

Постоянная частота; переменная длина

Поместите поршень в резонансную трубу и перемещайте поршень так, чтобы длина воздушного столба составляла 10 см (0,1 м). Установите генератор сигнала на создание волны частотой 100 Гц. Включите генератор сигнала и отрегулируйте амплитуду так, чтобы можно было слышать звук из громкоговорителя.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: не превышайте амплитуду равную 4 В.

Медленно увеличивайте длину воздушного столба, передвигая поршень по направлению от громкоговорителя. Отмечайте положение поршня, при котором происходит резонанс (самый громкий звук). В каждом положении устанавливайте маркер-зажим на резонансную трубу. Измерьте расстояние между маркерами-зажимами.

Постоянная длина; переменная частота

Поместите поршень в резонансную трубу так, чтобы длина воздушного столба составляла 50 см (0,5 м). Установите генератор сигнала на создание волны частотой 50 Гц. Включите генератор сигнала и отрегулируйте амплитуду так, чтобы можно было слышать звук из громкоговорителя.

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: не превышайте амплитуду равную 4 В.

Поменяйте частоту сигнала. Отмечайте частоты, при которых происходит резонанс.

Скорость звука в воздухе

Создайте стоячую волну, а затем определите длину волны звука по структуре стоячей волны. Умножьте длину волны на частоту, чтобы определить скорость звука, используя формулу $v = \lambda f$, где v — скорость, λ — длина волны, а f — частота.

Предлагаемая демонстрация опыта

Равномерно распределите небольшое количество пробковой пыли в нижней части внутри резонансной трубы. Немного поверните трубу так, чтобы пробковая пыль распределилась по сторонам трубы.

Установите миниатюрную акустическую систему в один конец трубы. Отрегулируйте частоту и амплитуду, чтобы получить структуру стоячей волны в трубе.

- Резкое движение пробковой пыли покажет пучности смещения, а минимальное движение покажет узлы.

Отрегулируйте частоту, чтобы создать другие структуры стоячей волны.

Поместите поршень в трубу и наблюдайте разницу между стоячей волной закрытой трубы и стоячей волной открытой трубы.

Техническая поддержка

По всем вопросам, касающимся продуктов PASCO, вы можете обратиться в компанию PASCO.

Адрес: PASCO scientific
10101 Foothills Blvd.
Roseville, CA 95747-7100

Тел.: +1 916 786 3800 (для любой страны)
800-772-8700 (США)

E-mail: support@pasco.com

Веб-сайт: www.pasco.com

Для получения последней информации о резонансной трубе и миниатюрной акустической системе посетите веб-сайт PASCO по адресу www.pasco.com и введите в окне поиска артикул или наименование изделия.

Ограниченная гарантия Описание гарантийных обязательств в отношении продукта содержится в каталоге PASCO.

Авторское право Данное руководство пользователя PASCO scientific защищено авторскими правами. Все права защищены. Некоммерческим образовательным учреждениям разрешается воспроизводить любую часть данного руководства для использования только в лабораториях и учебных классах, но не для продажи. Воспроизведение любой части руководства при любых других обстоятельствах без предварительного разрешения компании PASCO scientific запрещается.

Товарные знаки Товарные знаки PASCO, PASCO Capstone, PASPORT, SPARK Science Learning System, SPARK SLS и SPARKvue являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками PASCO scientific в США и/или других странах. Для получения подробной информации посетите веб-сайт www.pasco.com/legal.



Эксперимент 1

Резонанс в закрытой трубе переменной длины

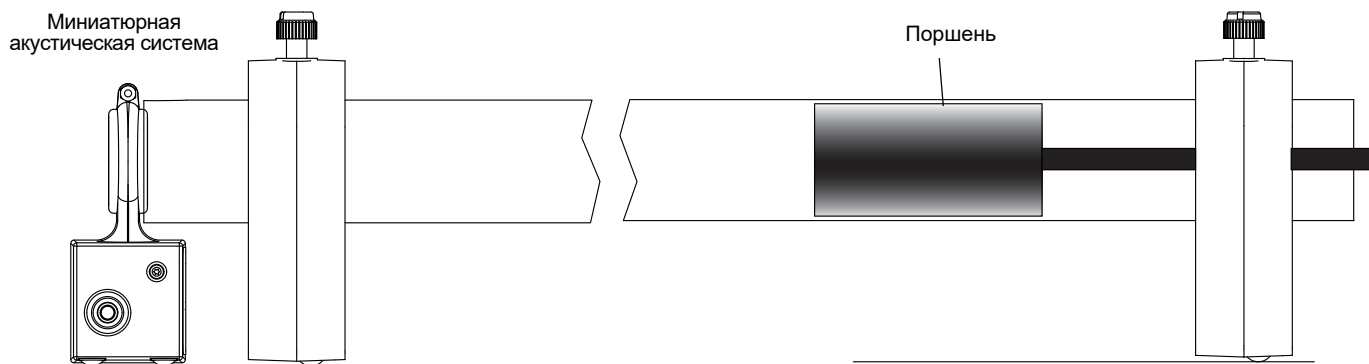
Оборудование	Номер компонента
Резонансная труба (WA-9606)	Миниатюрная акустическая система (WA-9605)
Генератор сигнала (например, WA-9867)	Коммутационные шнуры с заглушками типа «банан» (например, EM-9740)
Линейка (например, SE-8695) или измерительная лента	

Введение

В данном эксперименте исследуется взаимосвязь между длиной волны, скоростью волны и частотой звуковых волн в закрытой трубе.

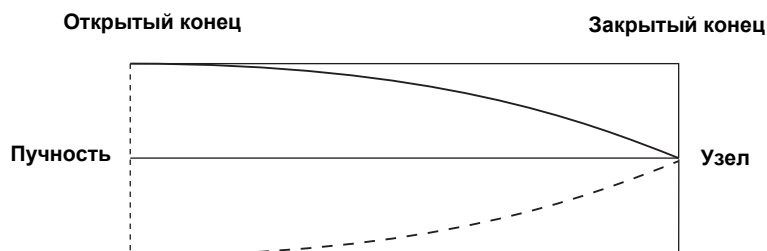
Установка

1. Включите генератор сигнала и поверните регулятор амплитуды против часовой стрелки, установив его на минимальное положение.
2. Подключите генератор к миниатюрной акустической системе с помощью двух коммутационных шнуров с заглушками типа «банан». Полярность не имеет значения.
3. Поместите миниатюрную акустическую систему на открытый конец резонансной трубы, как показано на рисунке. Корпус миниатюрной акустической системы должен находиться в конце трубы. Поместите поршень в другой конец резонансной трубы.



Теоретическая информация

Резонирующий воздушный столб в трубе с одним открытым концом и другим закрытым будет иметь узел на закрытом конце, а пучность — на открытом. Узел — это область, где перемещение воздуха минимально (ноль), а пучность — это область, где перемещение воздуха максимально. Если воздушный столб резонирует в основном режиме (при минимально возможной частоте), то он не будет иметь других узлов и пучностей. Это явление показано на рисунке ниже, где кривые линии представляют собой перемещение воздуха в трубе.



На синусоиде расстояние от одного из максимумов до следующей точки, где она пересекает ноль, составляет четверть длины волны. Таким образом, для воздушного столба в трубе с одним открытым и другим закрытым концом длина резонирующего воздушного столба L и длина волны λ соотносятся следующим образом:

(формула 1)

$$\lambda = 4L$$

Для всех типов волн соблюдается следующее соотношение между частотой f и скоростью волны v :

(формула 2)

$$v = \lambda f$$

Для резонирующего воздушного столба в трубе v — это скорость перемещения звука в воздухе, а f — это частота звука. В этом эксперименте частота звука — это частота генератора синусоидальных колебаний.

Объединение формул 1 и 2 даёт:

(формула 3)

$$L = \frac{1}{4} v \frac{1}{f}$$

Длина воздушного столба обратно пропорциональна основной частоте.

Порядок действий

1. Поместите поршень так, чтобы его конец находился на расстоянии 110 см от конца трубы.
2. Установите частоту генератора сигнала на 50 Гц, амплитуду — на адекватный уровень (т. е. чтобы слышать звук из миниатюрной акустической системы).
- **ПРИМЕЧАНИЕ: не превышайте 4 В.**
3. Медленно увеличивайте частоту генератора сигнала и ищите звуковой резонанс. Громкость звука заметно увеличится, когда частота будет находиться в пределах нескольких герц от основной частоты. Эта резонансная частота должна возникнуть до того, как частота станет равной 100 Гц. Медленно регулируйте частоту вверх и вниз от найденной резонансной. Слушайте внимательно, чтобы определить, на какой частоте звук наиболее громкий. Постарайтесь определить резонансную частоту с точностью до 1 Гц. Запишите длину и частоту воздушного столба в таблицу.
4. Переместите поршень, чтобы уменьшить длину воздушного столба до 100 см, и повторите предыдущий шаг. Записывайте данные с интервалом 10 см до тех пор, пока не достигнете длины 40 см. Резонансная частота в конечном итоге превысит 100 Гц.
5. Составьте график обратной зависимости длины воздушного столба к частоте (зависимость L от $1/f$). Обратите внимание, что горизонтальная ось является обратной по частоте.
6. Найдите угловой коэффициент и сдвиг по оси y для линии наилучшего соответствия.
7. Угловой коэффициент графика из формулы 3 будет равным:

$$\text{Угловой коэффициент} = \frac{1}{4} v$$

Используйте угловой коэффициент с графика, чтобы рассчитать скорость звука в воздухе. Вычислите погрешность.

8. Фактическая скорость звука зависит от температуры воздуха:

$$v = 331 \text{ м/с} + 0,6 T$$

где T — температура воздуха в градусах Цельсия. Измерьте температуру воздуха и рассчитайте фактическую скорость звука.

9. Сравните скорость звука, вычисленную в шаге 7, с фактической скоростью звука. Вычислите разницу в процентах.

$$\text{Разность, \%} = \frac{\text{Измеренная} - \text{фактическая}}{\text{Фактическая}} * 100\%$$

Вопросы

1. Почему на графике зависимости L от $1/f$ сдвиг по оси y не равен 0?
2. Является ли сдвиг по оси отрицательным?

Концевой эффект

Отрицательный сдвиг по оси указывает, что эффективная длина трубы больше фактической. Пучность на открытом конце трубы фактически сформирована за концом, т. е. немного за пределами трубы. Это явление называется концевым эффектом. Дополнительная длина концевого эффекта пропорциональна диаметру трубы и может быть эмпирически представлена следующим образом:

$$\text{Концевой эффект} = 0,3 * \text{диаметр трубы}$$

- Измерьте диаметр резонирующего воздушного столба и используйте эту формулу для вычисления концевого эффекта.

Вопрос

3. Как это значение для дополнительной длины концевого эффекта соотносится со сдвигом по оси y графика?

Дальнейшие исследования

1. Установите частоту 230 Гц и разместите поршень так, чтобы длина воздушного столба в трубе составляла 110 см. Не меняя частоту, с помощью поршня медленно сокращайте длину воздушного столба в трубе, пока не услышите резонанс. Регулируйте длину назад и вперёд по резонансу, чтобы найти положение узла. Запишите положение узла (оно совпадает с длиной воздушного столба в трубе).
2. Не меняя частоту движения, продолжайте сокращать длину воздушного столба в трубе, пока снова не услышите резонансную частоту. Запишите положение узла.
3. Расстояние между двумя положениями с резонансной частотой (расстояние между соседними узлами) составляет $1/2 \lambda$. Почему?
4. Вычислите длину волны по расстоянию между узлами. Вычислите скорость звука по длине волны и частоте генератора сигнала. Как результат соотносится с предыдущим значением?
5. На первой странице этого эксперимента нарисуйте обобщающий эскиз временной диаграммы сигналов и отметьте два узла и одинаковую частоту. Помните, что на закрытом конце должен быть узел, а на открытом — пучность. Подсказка: трубы для двух диаграмм должны быть приняты разной длины, а длины волн — одинаковыми.

Эксперимент 2

Резонанс в открытой трубе

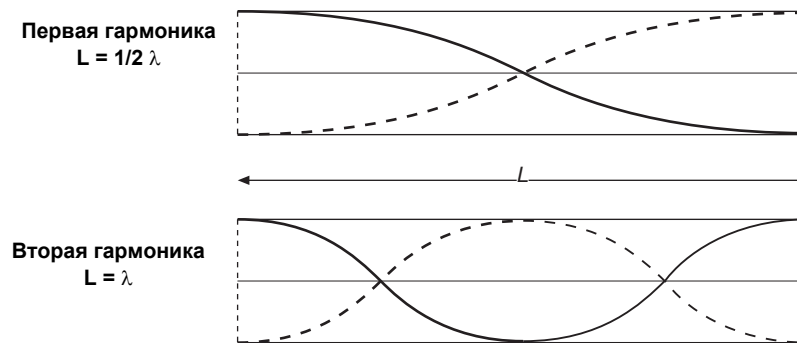
Оборудование	Номер компонента
Резонансная труба (WA-9606)	Миниатюрная акустическая система (WA-9605)
Генератор сигнала (например, WA-9867)	Коммутационные шнуры с заглушками типа «банан» (например, EM-9740)
Линейка (например, SE-8695) или измерительная лента	

Введение

В данном эксперименте исследуется взаимосвязь между длиной волны, скоростью волны и частотой звуковых волн в открытой трубе.

Теоретическая информация

Резонансная труба с открытым концом всегда будет иметь пучность на обоих концах и не менее одного узла между ними. Число узлов зависит от длины волны и гармоник. Первая гармоника (основная) содержит один узел, вторая гармоника содержит два и т. д. (см. рисунок ниже):



На более высоких гармониках частота выше, а длина волны меньше (длина трубы не меняется).

Порядок действий

1. Выньте поршень из резонансной трубы (используйте его только когда оба конца открыты).
2. Настройте резонансную трубу, миниатюрную акустическую систему и генератор сигнала так, как описано в эксперименте с закрытой трубой. Начните с частоты 50 Гц и медленно увеличивайте её. Найдите основную частоту (с точностью до 1 Гц) путем нахождения звукового резонанса. Запишите основную частоту.
3. Вычислите длину волны по частоте и скорости звука. Используйте формулу 2 и скорость звука, найденную в эксперименте 1.
4. Посмотрите на график основной частоты (первую гармонику) и используйте эту информацию для расчёта эффективной длины трубы.
5. Увеличьте частоту генератора сигнала до второй гармоники. Убедитесь в наличии резонанса в воздушном столбе. Повторите действия для третьей гармоники. На первой странице раздела с этим экспериментом нарисуйте обобщающий эскиз временной диаграммы сигналов и отметьте третью гармонику (помните, что L — постоянная величина).
6. Установите снова основную частоту, а затем поместите поршень в конец трубы, чтобы она стала закрытой. Уменьшите частоту генератора сигнала, пока не найдете основной резонанс закрытой трубы.
7. Вычислите отношение частоты открытой трубы к частоте закрытой трубы.

Вопросы

1. Почему основная частота для открытой трубы выше, чем для закрытой?
2. Как фактическая длина трубы соотносится с эффективной длиной? Подсказка: эффективная длина примерно в два раза больше, так как в предыдущей трубе было два открытых конца.
3. Наблюдался ли резонанс при возврате основной частоты и закрытии одного конца трубы?
4. Какая должна соблюдаться пропорция для частоты открытой трубы и частоте закрытой трубы? Почему?

Дальнейшие исследования

1. Почему труба с двумя открытыми концами содержит все гармоники, а труба с одним закрытым концом содержит только нечётные гармоники (1, 3, 5 и т. д.)? Каково соотношение между длиной трубки и длиной волны для третьей гармоники закрытой трубы?
2. На первой странице эксперимента 1 (для закрытой трубы) нарисуйте обобщающий эскиз временной диаграммы сигналов и отметьте третью гармонику в трубе той же длины. Помните, что на закрытом конце по-прежнему должен быть узел, а на открытом — пучность. Почему эти рисунки отличаются от эскиза в эксперименте 1? Что должно оставаться постоянным и что можно изменить для каждого случая?

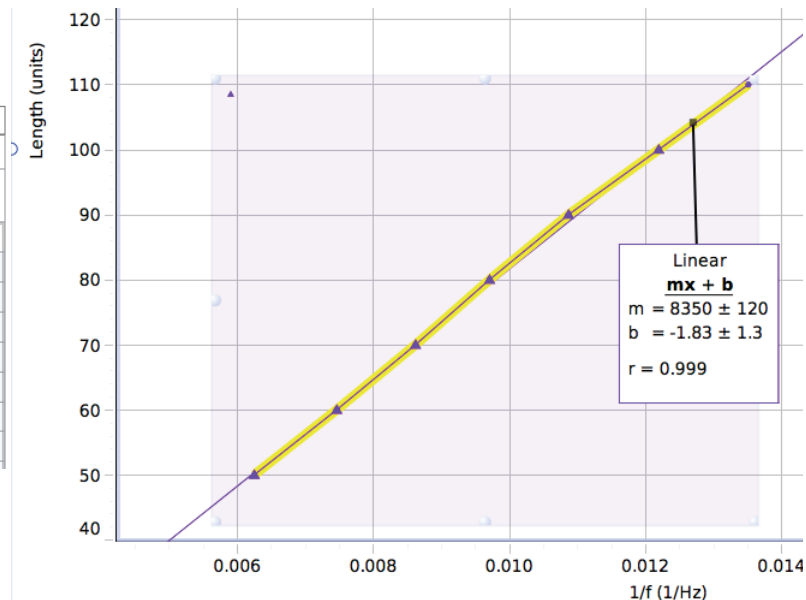
Заметки учителя

Эксперимент 1. Закрытая труба

Пример данных

Closed End Resonance Air Column

"1/f"=1/[Frequency(Hz)]			
	▲ Set	■ Set	◆ Set
	Length (units)	Frequency (Hz)	1/f (1/Hz)
1	110	74	0.0135
2	100	82	0.0122
3	90	92	0.0109
4	80	103	0.0097
5	70	116	0.0086
6	60	134	0.0075
7	50	160	0.0062
8			



Угловой коэффициент = $8350 \text{ см/с} = 83,5 \text{ м/с}$

Скорость звука в воздухе = $4 \text{ (Угловой коэффициент)} = 4 (83,5 \text{ м/с}) = 334 \text{ м/с}$

Принятое значение = $331 \text{ м/с} + (0,6) (25 \text{ °C}) = 346 \text{ м/с}$

Диаметр трубы = $3,5 \text{ см}$

Длина корректировки концевой эффекта = $0,3 \text{ (диаметр)} = 0,3 (3,5 \text{ см}) = 1,05 \text{ см}$

Длина корректировки концевой эффекта составляет $1,05 \text{ см}$ по отношению к сдвигу по оси y ($1,83 \pm 1,3$). Сравните вычисленный результат с погрешностью сдвига по оси y ($\pm 1,3 \text{ см}$)

Дальнейшие исследования

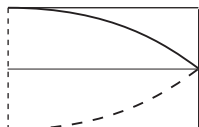
Частота = 230 Гц

Положение первого узла = 104 см

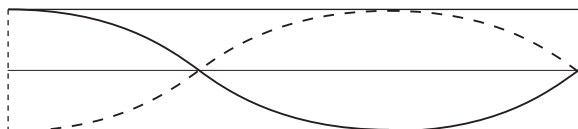
Положение второго узла = 28 см

Длина волны = $2 (104 \text{ см} - 28 \text{ см}) = 152 \text{ см}$

Скорость волны — это длина волны, умноженная на частоту. $v = \lambda f = 350 \text{ м/сек}$



Первая гармоника



Третья гармоника

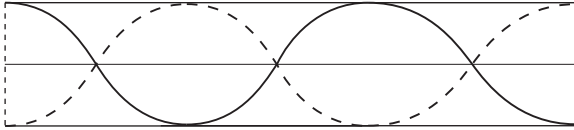
Эксперимент 2. Открытая труба

Основная частота = 117 Гц

Длина волны — это скорость волны, поделенная на частоту. $l = (346 \text{ м/с}) / (117 \text{ Гц}) = 2,95 \text{ м}$

Расчётная длина трубы: $l/2\lambda = 1,47 \text{ м}$.

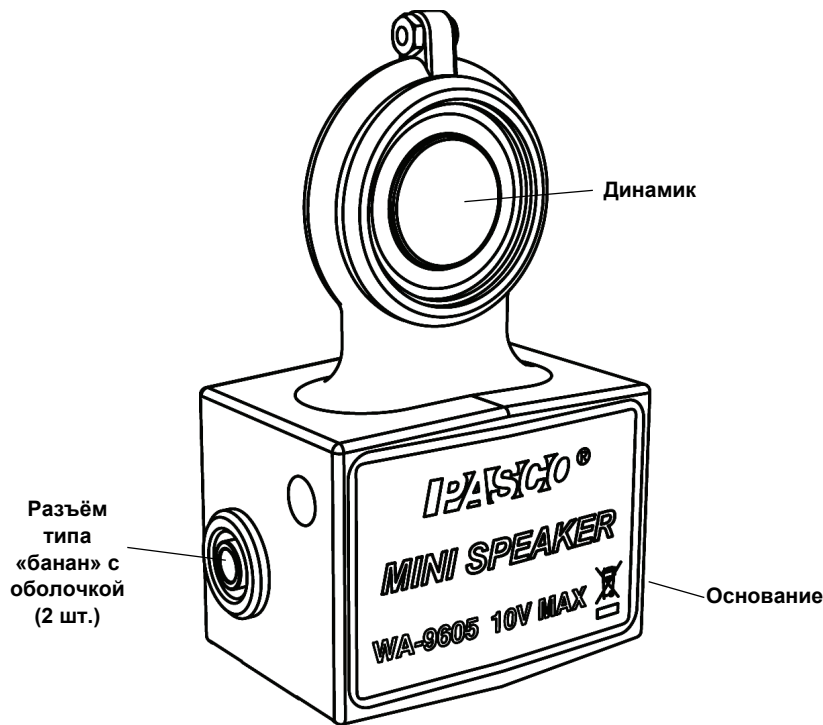
Фактическая длина трубы = 1,20 м



Третья гармоника

Миниатюрная акустическая система

WA-9605



Оборудование

Миниатюрная акустическая система WA-9605 используется вместе с резонансной трубой PASCO WA-9606. Для воспроизведения звука и работы с резонансной трубой требуется подключить миниатюрную акустическую систему к генератору сигнала.

Требуемое оборудование*

Резонансная труба (WA-9606)

Коммутационные шнуры с заглушками типа «банан» (например, EM-9740)

Генератор сигнала (см. далее)

Для работы миниатюрной акустической системы необходимо использовать генератор сигнала, такой как функциональный генератор или интерфейс PASCO с функцией генератора сигнала (например, универсальный интерфейс UI-5000 850 или интерфейс CI-7650 750), и программное обеспечение для обработки данных PASCO (например, PASCO Capstone*).

Рекомендуемое оборудование*

Функциональный генератор (PI-8127)

ИЛИ

Компьютерный интерфейс PASCO

Программное обеспечение для обработки данных PASCO

* Дополнительная информация доступна на веб-сайте www.pasco.com.

Введение

Миниатюрная акустическая система используется с резонансной трубой PASCO для демонстрации распространения звуковых волн в трубе. В резонансной трубе можно создать повторяющиеся стоячие волны и определить расположение узлов и пучностей.

Настройка

Подключите два коммутационных шнура с заглушками типа «банан» к разъёмам типа «банан», расположенным с обеих сторон основания миниатюрной акустической системы. Подключите другой конец коммутационных шнуров к генератору сигнала, например функциональному генератору PI-8127.

При необходимости отрегулируйте частоту и амплитуду сигнала.

ВНИМАНИЕ! Ограничьте амплитуду до 10 В.

Техническая поддержка

По всем вопросам, касающимся продуктов PASCO, вы можете обратиться в компанию PASCO.

Адрес:	PASCO scientific 10101 Foothills Blvd. Roseville, CA 95747-7100
Тел.:	+1 916 786 3800 (для любой страны) 800-772-8700 (США)
E-mail:	support@pasco.com
Веб-сайт:	www.pasco.com

Для получения новой информации о миниатюрной акустической системе и резонансной трубе посетите веб-сайт PASCO по адресу www.pasco.com и введите в строке поиска артикул или наименование изделия.

Ограниченная гарантия Описание гарантийных обязательств в отношении продукта содержится в каталоге PASCO. **Авторское право** Инструкция *PASCO scientific* защищена авторскими правами. Все права защищены. Некоммерческим образовательным учреждениям разрешается воспроизводить любую часть данного руководства для использования только в лабораториях и учебных классах, но не для продажи. Воспроизведение любой части руководства при любых других обстоятельствах без предварительного разрешения компании PASCO scientific запрещается. **Товарные знаки** Товарные знаки PASCO, PASCO Capstone, PASPORT, SPARK Science Learning System, SPARK SLS и SPARKvue являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками PASCO scientific в США и/или других странах. Для получения подробной информации посетите веб-сайт www.pasco.com/legal.

Инструкции по утилизации продукта

Данное электронное изделие подлежит утилизации и переработке согласно законодательству соответствующей страны и региона. Вы несёте ответственность за переработку электронного оборудования в соответствии с местными экологическими законами и правилами. Поэтому убедитесь, что оно будет переработано с учётом охраны здоровья человека и окружающей среды. Для получения информации о пунктах сдачи оборудования на переработку обратитесь в местные службы по переработке и утилизации или непосредственно туда, где изделие было приобретено. Знак WEEE Директивы ЕС об отходах электрического и электронного оборудования (см. рисунок справа) на изделии или на упаковке обозначает, что данное изделие нельзя утилизировать с обычным бытовым мусором.

