

Акустический эффект Доплера



Физика

Акустика

Волновое движение



Уровень сложности



Кол-во учеников



Время подготовки



Время выполнения

лёгкий

1

10 Минут

10 Минут

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/5f23eeb59c8a5c0003f75e79>



Информация для учителей

Описание



Доплеровский радар

Эффект Доплера используется:

- медицина: для определения скорости кровотока с помощью ультразвука через ткани пациента.
- техника: радар для измерения скорости автомобиля.
- астрономия: для измерения скорости вращения звезд и галактик.

Дополнительная информация для учителей (1/3)



предварительные знания



Научный принцип



Этот метод не сложный, поскольку представляет собой процедуру бесконтактного определения скорости, которая не требует каких-либо знаний о частоте излучаемого сигнала.

В вводном эксперименте эффект Доплера, известный из повседневной жизни, вызывается в сознании учащихся качественно, на основе слышимой частоты, в то время как основной эксперимент фокусируется на случае гармонически колеблющегося источника звука. Сначала измеряется частота излучаемого сигнала в состоянии покоя. Затем с помощью программного обеспечения определяется сдвиг частоты, вызванный колеблющимся доплеровским передатчиком. Далее вычисляется скорость движения источника звука из экспериментальных значений и сравнивается с теоретическим значением.

Дополнительная информация для учителей (2/3)



Цель обучения



Задачи



Понимание принципа эффекта Доплера при изменении наблюдаемой частоты, когда источник перемещается, а наблюдатель находится в состоянии покоя.

1. Сдвиг частоты в слышимом диапазоне при быстром перемещении доплеровского передатчика. (Эффект наблюдается качественнее, когда эксперимент проводится двумя людьми)

Дополнительная информация для учителей (3/3)

Задачи



2. Определение сдвига частоты сигнала с помощью программного обеспечения.

Высокая частота доплеровского передатчика 19 кГц была выбрана потому, что

- обеспечивает максимальное разрешение по частоте,
- эта высота звука не слышна и, следовательно, не вызывает раздражения у людей, и
- его все еще можно надежно обрабатывать стандартными звуковыми приемниками.

Частота доплеровского источника электронно стабилизирована, чтобы быть постоянной. Ззаметное снижение частоты (более 10 Гц за 3 минуты) можно объяснить низким уровнем напряжения (менее 6 В). Пожалуйста, замените батарею доплеровского источника.

Частота доплеровского источника лежит в диапазоне $19 \text{ кГц} \pm 10\%$ (отклонение происходит из-за допусков в электронных компонентах). Поэтому указанные в таблице измерений значения следует рассматривать как примеры.

Правила техники безопасности

Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.



Информация для студентов

Мотивация



Машина скорой помощи

Когда проезжает скорая помощь, то воспринимаемый (измеренный) сигнал сирены становится глубже. Это означает, что частоты воспринимаемого звука становятся ниже. Такое изменение частоты и, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемой наблюдателем (приёмником), когда источник и наблюдатель движутся относительно друг друга, называется эффектом Доплера. Эффект Доплера используется во многих технических приложениях, например, в дорожных радарах-ловушках или для определения скорости расширения Вселенной.

Задачи



1. Опишите, что Вы слышите, когда доплеровский передатчик издает звук с частотой 4,6 кГц и очень быстро перемещается вперед-назад.
2. Определите скорость колеблющегося пружинного маятника с помощью эффекта Доплера:
 - Пусть доплеровский передатчик с сигналом 19 кГц гармонично колеблется над микрофоном с помощью пружины.
 - Проанализируйте сигнал, записанный микрофоном, с помощью компьютера. Наблюдайте за эффектом Доплера и определите максимальную скорость маятника.

Материал

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Программное обеспечение "Measure Acoustics", лицензия на 1 пользователя	14441-61	1
2	Акустический передатчик сигнала для TESS advanced Прикладные науки "Акустика"	13289-30	1
3	Сpirальная пружина, 3 Н/м	02220-00	1
4	Рулетка, l=2 м	09936-00	1

Дополнительное оборудование



Позиция	Материал	Количество
1	Микрофон	1
2	ПК	1

Выполнение работы (1/7)



Часть 1: Сдвиг частоты в слышимом диапазоне при быстром перемещении допплеровского передатчика

Выберите частоту 4,6 кГц. Несколько раз быстро перемещайте допплеровский передатчик по направлению к Вашему уху или лицу (или уху или лицу Вашего одноклассника) и от него. Запишите в Протоколе, как Вы воспринимаете частоту сигнала.

Выполнение работы (2/7)

Часть 2: Определение сдвига частоты сигнала 19 кГц с помощью программного обеспечения

Правильно подключите микрофон к компьютеру.

Откройте настройки звука на ПК. Установите громкость звука записи микрофона на максимум. Запустите программу "measure Акустика".

Откройте эксперимент "3.7а Эффект Доплера".



Доплеровский источник и микрофон

Выполнение работы (3/7)

1:

Откройте обзор эксперимента (Меню "Файл" → "Открыть эксперимент" или выберите "Открыть эксперимент" в строке меню. Откройте папку "3 приложения в области медицины, музыки и повседневной жизни" и выберите эксперимент "3.7а Эффект Доплера", вариант 1).

- Выберите частоту 19 кГц на доплеровском передатчике и включите ее.
- Запишите приблизительные значения максимальной частоты передаваемого сигнала в разделе "Результат - наблюдения 2".

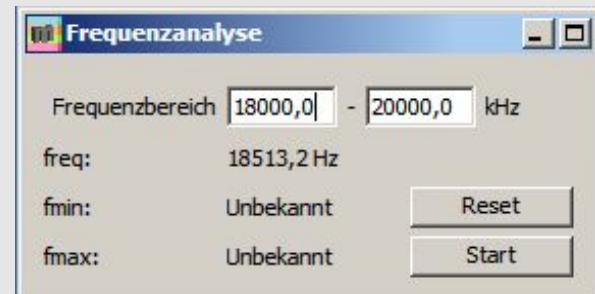
2:

В соответствующем окне диаграммы выберите лупу "Масштабирование". Нажмите и удерживая кнопку мыши, перетащите прямоугольник из верхнего левого угла в нижний правый угол.

Выполнение работы (4/7)

3:

Используйте перекрестие "Метка" на серой полосе в окне диаграммы для определения значения x (здесь: частота в Гц) и значения y (здесь: относительная амплитуда звукового давления в%) в месте расположения перекрестие. Считайте два значения в строке состояния в нижней части экрана.

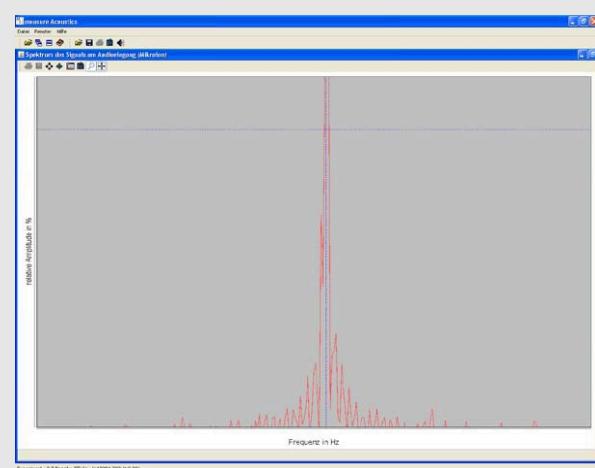


Анализ частоты

Выполнение работы (5/7)

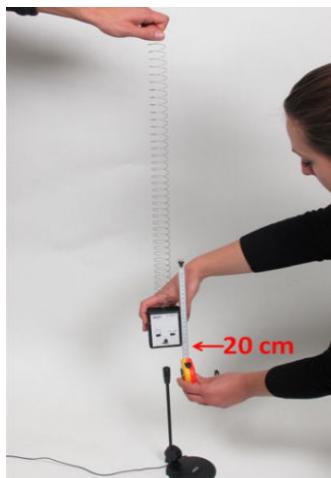
Частоту передаваемого сигнала также можно прочитать в окне "Анализ частоты" (частота = ... Гц)

- Теперь установите диапазон частот для измерения в окне "Анализ частоты". Интервал должен охватывать диапазон примерно 1000–2000 Гц около максимальной частоты передаваемого сигнала. (Пример: Измерение максимальной частоты сигнала дало примерно 18 500 Гц. Установите минимальное значение частоты на 18 000 Гц и максимальное значение частоты на 19 000 Гц).
- Проведите эксперимент.



Частотный спектр принимаемого сигнала

Выполнение работы (6/7)



Экспериментальная установка

- Учащийся 1: Удерживая пружину за один конец, прикрепите доплеровский передатчик к другому концу. Пружина переходит в положение покоя.
- Поместите микрофон на пол прямо под доплеровским передатчиком. Выровняйте микрофон вверх по направлению к передатчику.
- Учащийся 2: Держите измерительную рулетку так, чтобы она приблизительно была равна удлинению пружины. Ноль шкалы должен располагаться на нижнем конце доплеровского передатчика. Рулетка и пружина немного смещены так, чтобы доплеровский передатчик (излучатель) можно было отклонить, не касаясь рулетки.

Выполнение работы (7/7)

- Активируйте частотный анализ, выбрав "Старт".
- Учащийся 2: Потяните доплеровский передатчик на 20 см вниз к полу или микрофону и отпустите его.
- Опишите, как выглядит кривая в окне диаграммы "Спектр сигнала на аудиовходе (микрофон)" и как она изменилась после нескольких колебаний.
- Остановите измерение частоты после нескольких колебаний, выбрав "Стоп". Запишите максимальное (f_{max}) и минимальное (f_{min}) значение частоты, к которым сдвигается максимум кривой в Протоколе.
- Обратите внимание и запишите, как максимальное и минимальное значение частоты связано с прогибом пружины.
- Повторите эти измерения несколько раз.



Протокол

Задача 1



Заполните пробелы в тексте:

По сравнению с частотой источника, в случае когда допплеровский излучатель приближается к слушателю, высота звука становится , а при удалении от него - .

 Проверить

Задача 2

Запишите максимальное /минимальное значение частоты, к которой смещается максимум кривой после всего лишь нескольких колебаний.

f_{min} [Гц] f_{max} [Гц] $f_{min} - f_{max}$ [Гц] $f_{min} + f_{max}$ [Гц]

Измерение 1

Измерение 2

Измерение 3

Измерение 4

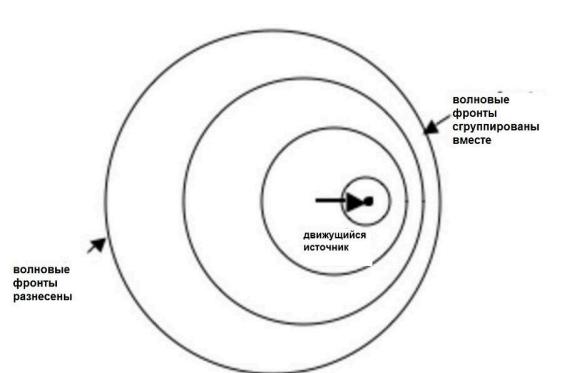
Среднее значение

Задача 3

Заполните пробелы:

На основе формулы $f' = f_0 \frac{c}{c-v}$, если источник движется со скоростью звука, то допплеровское уравнение предсказывает воспринимаемую наблюдателем мгновенную частоту перед источником. Следовательно, длина волны равна .

Проверить



эффект Доплера

Слайд	Оценка / Всего
Слайд 20: допплеровский передатчик	0/2
Слайд 22: допплеровское уравнение	0/2
Общий балл	0/4



Показать решения



Вспомнить

14/14