

Акустичний ефект Доплера



Physics

Acoustics

Wave Motion



Рівень складності

легко



Розмір групи

-



Час підготовки

10 хвилини



Час виконання

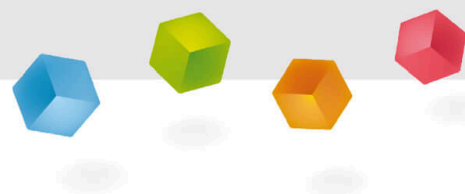
10 хвилини

This content can also be found online at:

<http://localhost:1337/c/646619e029af620002b9d246>

PHYWE

Інформація для вчителів



Опис

PHYWE



Допплерівський радар

Ефект Доплера використовується:

- медицина: для визначення швидкості кровотоку за допомогою ультразвуку через тканини пацієнта.
- техніка: радар для вимірювання швидкості автомобіля.
- астрономія: для вимірювання швидкості обертання зірок і галактик.

Додаткова інформація для вчителів (1/3)

PHYWE

попередні знання



Науковий принцип



Цей метод не складний, оскільки являє собою процедуру безконтактного визначення швидкості, яка не потребує жодних знань про частоту випромінюваного сигналу.

У підготовчому експерименті ефект Доплера, відомий з повсякденного життя, пригадується учнями якісно на основі частоти звуку, тоді як основний експеримент зосереджується на випадку гармонійно осцилюючого джерела звуку. Спочатку вимірюється частота випромінюваного сигналу в стані спокою. Потім за допомогою програмного забезпечення визначається зсув частоти, спричинений коливанням доплерівського передавача. Після цього на основі експериментальних значень розраховується швидкість руху джерела звуку. Потім це обчислене значення порівнюється з теоретичним показником.

Додаткова інформація для вчителів (2/3)

PHYWE

Мета навчання



Завдання



Вивчення принципу ефекту Доплера через зміну спостережуваної частоти, коли джерело рухається, а спостерігач перебуває у стані спокою.

1. Зсув частоти в діапазоні чутності при швидкому переміщенні доплерівського передавача. (Ефект спостерігається якісніше, коли експеримент виконують двоє учнів).

Додаткова інформація для вчителів (3/3)

PHYWE

Завдання



2 Визначення зсуву частоти сигналу за допомогою програмного забезпечення.

Висока частота доплерівського передавача 19 кГц була обрана тому, що

- вона забезпечує досягнення максимальної частотної роздільної здатності,
- ця частота не є чутною і, отже, не є дратівливою для людини, і
- вона може бути надійно оброблена стандартними звуковими приймачами.

Частота доплерівського джерела електронно стабілізована, щоб бути постійною. Помітне зниження частоти (понад 10 Гц за 3 хвилини) можна пояснити низьким рівнем напруги (менше 6 В). Будь ласка, замініть елемент живлення джерела доплерівського випромінювання.

Частота доплерівського джерела лежить у діапазоні $19 \text{ кГц} \pm 10\%$ (відхилення відбувається через допуски в електронних компонентах). Тому зазначені в таблиці вимірювань значення слід розглядати як приклади.

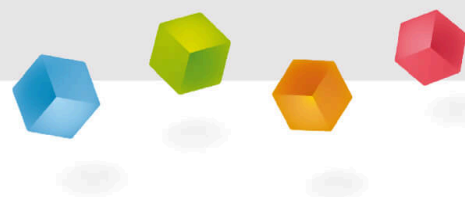
Правила техніки безпеки

PHYWE

Для цього експерименту застосовуються загальні інструкції щодо безпечного проведення експериментів під час викладання природничих наук.

PHYWE

Інформація для учнів



Мотивація

PHYWE



Машина швидкої допомоги

Коли поруч проїжджає швидка допомога, то сприйманий (виміряний) сигнал сирени стає глибшим. Це означає, що частоти звуку, який ми сприймаємо, стають нижчими. Така зміна частоти і, відповідно, довжини хвилі випромінювання, що сприймається спостерігачем (приймачем), коли джерело і спостерігач рухаються відносно одне одного, називається ефектом Доплера. Ефект Доплера використовується в багатьох технічних додатках, наприклад, у дорожніх радарах-пастках або для визначення швидкості розширення Всесвіту.

Завдання

PHYWE

1. Опишіть, що Ви чуєте, коли доплерівський передавач видає звук із частотою 4,6 кГц і дуже швидко переміщується вперед-назад.
2. Визначте швидкість пружинного маятника, що коливається, за допомогою ефекту Доплера:
 - Нехай доплерівський передавач із сигналом 19 кГц гармонійно коливається над мікрофоном за допомогою пружини.
 - Проаналізуйте сигнал, записаний мікрофоном, за допомогою комп'ютера. Спостерігайте за ефектом Доплера та визначте максимальну швидкість маятника.

Матеріал

PHYWE

Позиція	Матеріал	Пункт №.	Кількість
1	Software measure Acoustics	14441-61	1
2	Акустичний передавач сигналу для TESS advanced Прикладні науки "Акустика"	13289-30	1
3	Спиральна пружина, 3 Н/м	02220-00	1
4	Вимірювальна стрічка (рулетка), l = 2 м	09936-00	1

Додаткове обладнання

PHYWE

Позиція	Матеріал	Кількість
1	Мікрофон	1
2	ПК	1

Виконання роботи (1/7)

PHYWE

Частина 1: Зсув частоти в діапазоні чутності при швидкому переміщенні доплерівського передавача.

Виберіть частоту 4,6 кГц. Кілька разів швидко підносьте доплерівський передавач у напрямку до Вашого вуха чи обличчя (або вуха чи обличчя Вашого однокласника) і віддаляйте його від них. Запишіть у Протокол, як Ви сприймаєте частоту сигналу.

Виконання роботи (2/7)

PHYWE

Частина 2: Визначення зсуву частоти сигналу 19 кГц за допомогою програмного забезпечення

Правильно під'єднайте мікрофон до комп'ютера.

Відкрийте налаштування звуку на ПК. Встановіть гучність запису звуку мікрофона на максимум. Запустіть програму measure Акустика (measure Acoustics).

Відкрийте експеримент "3.7а Ефект Доплера".



Доплерівське джерело і мікрофон

Виконання роботи (3/7)

PHYWE

Підказка 1:

Відкрийте огляд експерименту (меню "Файл" → "Відкрити експеримент" або виберіть "Відкрити експеримент" на панелі меню). Відкрийте папку "3 Застосування в медицині, музиці та повсякденному житті" і виберіть експеримент "3.7а Ефект Доплера, варіант 1".

- Виберіть частоту 19 кГц на доплерівському передавачі та увімкніть його.
- Занотуйте приблизні значення максимуму частоти переданого сигналу у звіті в розділі "Результат - Спостереження 2".

Підказка 2:

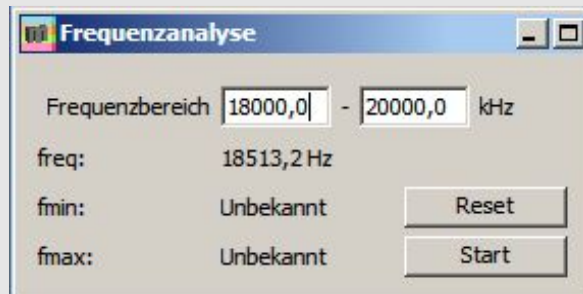
У відповідному вікні діаграми виберіть лупу "Масштабування". Натисніть і, утримуючи кнопку миші, перетягніть прямокутник із верхнього лівого кута в нижній правий кут.

Виконання роботи (4/7)

PHYWE

Підказка 3:

Використовуйте перехрестя "Позначка" на сірій смузі у вікні діаграми, щоб визначити значення x (тут: частота в Гц) і значення y (тут: відносна амплітуда звукового тиску в %) у місці розташування перехрестя. Прочитайте ці два значення у рядку стану внизу екрана.



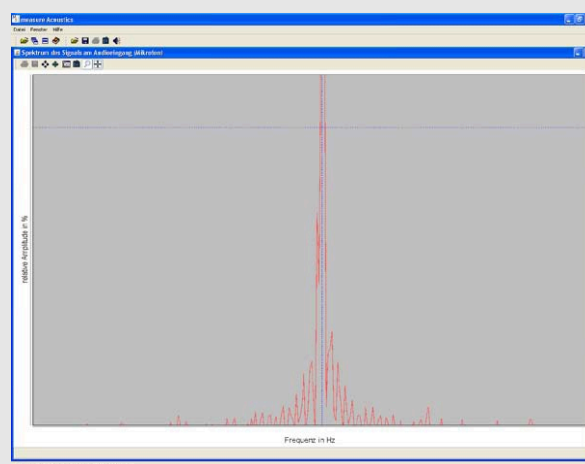
Аналіз частоти

Виконання роботи (5/7)

PHYWE

Частоту переданого сигналу також можна прочитати у вікні "Аналіз частоти" (частота =... Гц)

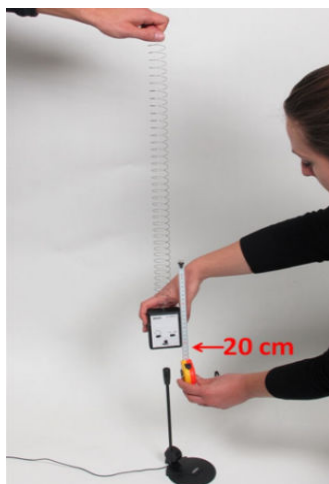
- Тепер встановіть діапазон частот для вимірювання у вікні "Аналіз частоти". Інтервал має охоплювати діапазон приблизно 1000-2000 Гц біля максимальної частоти переданого сигналу. (Приклад: Вимірювання максимальної частоти сигналу дало приблизно 18 500 Гц. Встановіть мінімальне значення частоти на 18 000 Гц і максимальне значення частоти на 19 000 Гц).
- Виконайте експеримент.



Частотний спектр сигналу, що приймається

Виконання роботи (6/7)

PHYWE



Експериментальна установка

- Учень 1: Утримуючи пружину за один кінець, прикріпіть доплерівський передавач до іншого кінця. Пружина розтягується до положення спокою.
- Покладіть мікрофон на підлогу безпосередньо під доплерівським датчиком. Спрямуйте мікрофон вгору до передавача.
- Учень 2: Тримайте вимірювальну рулетку так, щоб вона приблизно дорівнювала подовженню пружини. Нуль шкали має розташовуватися на нижньому кінці доплерівського передавача. Рулетка і пружина трохи зміщені так, щоб доплерівський передавач (випромінювач) можна було відхилити, не торкаючись рулетки.

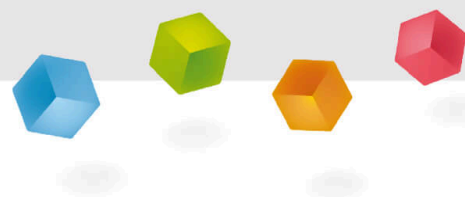
Виконання роботи (7/7)

PHYWE

- Активуйте частотний аналіз, вибравши "Старт".
- Учень 2: Потягніть доплерівський передавач на 20 см вниз до підлоги або мікрофона і відпустіть його.
- Опишіть, який вигляд має крива у вікні діаграми "Спектр сигналу на аудіовході (мікрофон)" і як вона змінилася після кількох коливань.
- Зупиніть вимірювання частоти після кількох коливань, вибравши "Зупинити". Запишіть максимальне (f_{max}) і мінімальне (f_{min}) значення частоти, до яких зсувається максимум кривої в Протоколі.
- Зверніть увагу і запишіть, як максимальне і мінімальне значення частоти пов'язане з прогином пружини.
- Повторіть ці вимірювання кілька разів.

PHYWE

Протокол



Завдання 1

PHYWE

Вставте пропущені слова в тексті:

Порівняно з частотою джерела, у разі коли доплерівський випромінювач наближається до слухача, висота звуку стає , а при віддаленні від нього - .

НИЖЧОЮ

ВИЩОЮ

☒ Перевірити

Завдання 2

PHYWE

Запишіть максимальне/мінімальне значення частоти, до якої зміщується максимум кривої після всього лише кількох коливань.

	f_{min} [Гц]	f_{max} [Гц]	$f_{min} - f_{max}$ [Гц]	$f_{min} + f_{max}$ [Гц]
Вимірювання 1				
Вимірювання 2				
Вимірювання 3				
Вимірювання 4				
Середнє значення				

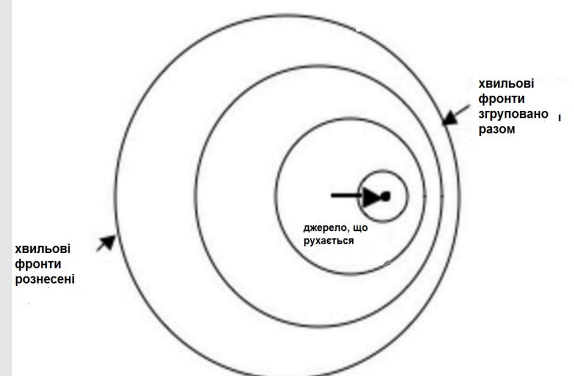
Завдання 3

PHYWE

Вставте пропущені слова:

На основі формули $f' = f_0 \frac{c}{c-v}$ якщо джерело рухається зі швидкістю звуку, то доплерівське рівняння передбачає миттєву частоту перед джерелом, яку сприймає спостерігач, і, отже, довжина хвилі дорівнює .

✓ Перевірити



ефект Доплера

Слайд	Оцінка / Усього
Слайд 20: доплерівський передавач	0/2
Слайд 22: доплерівське рівняння	0/2

Загальний бал  0/4

 Показати рішення

 Згадати