

4 Medida de la velocidad de un objeto utilizando el efecto Doppler

Si se hace pasar un objeto que emita un tono de una frecuencia determinada, por ejemplo un teléfono móvil, por delante de otro teléfono o tableta que grave el sonido, después será posible analizar la grabación y calcular la velocidad a la que iba el primer objeto, a partir de la medida de la variación de la frecuencia como consecuencia del efecto Doppler.

Aplicaciones y material a utilizar

Las aplicaciones a usar son Ciencia Móvil - **AudioTime+** para grabar el sonido, y **Physics Toolbox Sensor Suite**, por ejemplo, para generar el tono

Ciencia Móvil - AudioTime+



<https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.iu.s.audiotimeplus>

Physics Toolbox Sensor Suite



https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chrystianvieyra.physicstoolboxsuite&hl=es_419

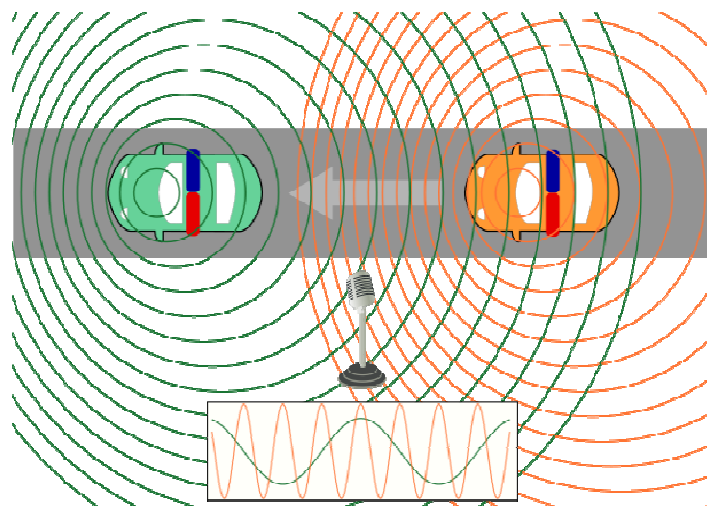
También se necesitan dos dispositivos móviles (tableta o teléfono móvil)

Introducción

El efecto Doppler o también efecto Doppler-Fizeau, consiste en la diferencia entre la frecuencia de una onda sonora (u otro tipo de onda) emitida por una fuente y la frecuencia que percibe un observador debida al movimiento relativo entre la fuente y el observador. El efecto se produce tanto si es la

fuentes sonora la que se mueve, como si es el receptor o si son ambos los que se mueven.

El efecto produce un aumento del tono emitido por la fuente en reposo (hacia más agudo, hacia mayor frecuencia) al aproximarse la fuente al observador y una disminución hacia más grave (frecuencia más pequeña) al alejarse. En la figura se ve representado el cambio de frecuencia de la sirena de un coche según se acerca o aleja el micrófono



Efecto Doppler al acercarse o alejarse un coche. Ekko y Kismalac (CC BY-SA 3.0) via Wikimedia Commons

Esta variación de frecuencia se puede calcular a partir de la siguiente expresión que liga las frecuencias y las velocidades relativas entre la fuente sonora y el receptor (Franco, 2015a):

$$f = f_0 \frac{V - V_R}{V - V_F}$$

Donde f es la frecuencia que percibe el receptor, f_0 es la frecuencia que emite la fuente, V es la rapidez de propagación de la onda sonora, V_R es la celeridad del receptor y V_F es la rapidez de la fuente de sonido.

Si el receptor está quieto y la fuente se acerca se puede aislar la celeridad de la fuente en función de las frecuencias, y la ecuación quedará:

$$V_F = V_{so} \frac{f - f_0}{f}$$

Que es la fórmula que se utilizará en los cálculos que se harán en este experimento.

El estudio del efecto Doppler forma parte de los contenidos de la Física de bachillerato y en muchos casos se muestran ejemplos cualitativos tales como enganchar un zumbador a una cuerda y hacerlo girar por encima de la cabeza y oír como va cambiando el sonido que se percibe, o ver vídeos y simulaciones en el que aparece el efecto Doppler.

Lo que se propone aquí sin embargo es una actividad cuantitativa para profundizar en la comprensión del efecto Doppler midiendo experimentalmente el cambio de frecuencia que se produce cuando un objeto que emite un sonido se acerca o se aleja de un receptor y calculando la velocidad que lleva.

Realización

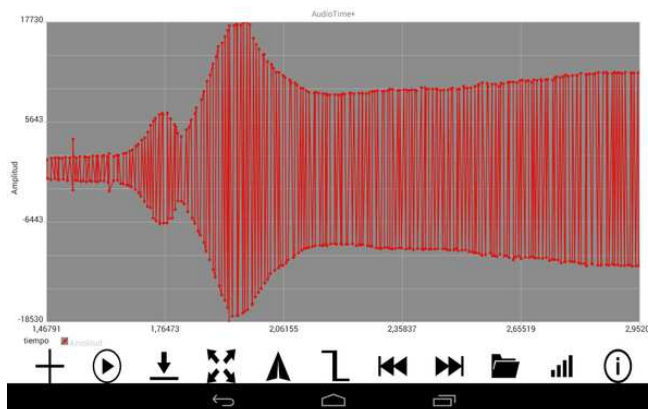
Se trata de recoger en una tableta o teléfono móvil, que esté en reposo, el tono que emite otro aparato que inicialmente está parado y luego se acerca al primero. A continuación, a partir de la grabación, hay que medir las frecuencias en las dos situaciones.

Se empieza poniendo sobre una mesa el dispositivo con la aplicación AudioTime+. En el segundo dispositivo se abre la aplicación Physics Toolbox y se selecciona en generador de tonos una frecuencia de 1.000 Hz por ejemplo y se pulsa el play.

Con una mano se sujeta el teléfono que está emitiendo el sonido a una distancia aproximada de un metro del otro dispositivo. Es el momento de iniciar en la tableta quieta la grabación del tono con la app AudioTime + pulsando el botón de inicio (+) y dejar que grabe unos momentos el sonido sin ningún movimiento, es decir, el tono con la frecuencia que realmente emite la fuente.

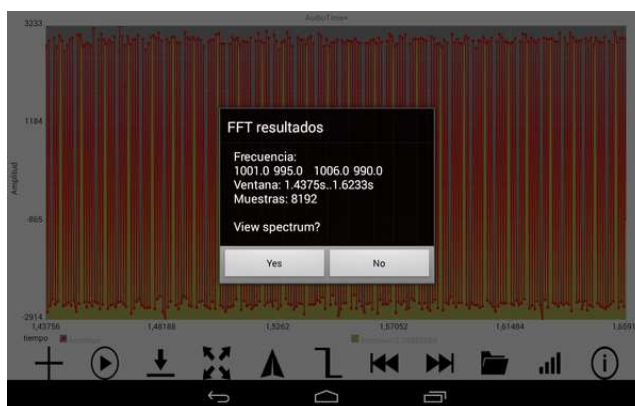
Pasados un par de segundos se debe acercar el teléfono sonoro lo más rápidamente posible al aparato receptor. A continuación ya se puede detener la grabación pulsando el mismo botón del principio. Saldrá una imagen parecida a la figura siguiente.

Se puede guardar la grabación pulsando el botón carpeta si se quiere volver a analizarla con otro programa. Se le da un nombre y se guardará en la carpeta Audiotime + de la raíz del teléfono.



Captura del sonido emitido en reposo y en movimiento

En la pantalla de AudioTime + se amplía con dos dedos un pequeño intervalo de tiempo inicial, cuando todavía el teléfono no se movía, y se pulsa el botón TTF.



Frecuencia del armónico fundamental (4 valores)

Aparecerá una pantalla como la anterior en la que aparece el intervalo de tiempo analizado y cuatro frecuencias fundamentales encontradas. Se debe calcular su promedio para obtener el valor más probable de la frecuencia medida.

Una vez se ha obtenido la frecuencia que emite la fuente, se debe seleccionar una parte de la grabación donde el teléfono móvil se haya movido. La parte en la que la amplitud de la onda sonora crece indica que los aparatos se acercan y, por tanto, que hay movimiento. Hay que volver a hacer el análisis de Fourier para esta parte y obtener el valor de la nueva frecuencia.

Es de suponer que el valor de la frecuencia que se mide cuando hay movimiento es mayor que cuando el móvil está parado. Ahora con los valores de las frecuencias obtenidas se puede calcular la celeridad con la que se ha movido el teléfono usando la ecuación indicada anteriormente.

Observaciones

* En las instrucciones se ha propuesto que se ha de acercar el teléfono sonoro lo más rápidamente posible al aparato receptor ya que cuanto mayor es la celeridad más cambia la frecuencia y más se nota la diferencia.

* El análisis TTF que realiza la máquina es un análisis de Fourier lo que significa que la aplicación descompone la señal sonora en un conjunto de señales sinusoidales (armónicos). La frecuencia más pequeña corresponde al armónico fundamental y es la que caracteriza la señal emitida, las otras caracterizan el timbre del sonido.

Por eso a veces el analizador TTF encuentra valores que duplican o cuadruplican la frecuencia fundamental que no son sino los armónicos

múltiplos y en este caso se han de obviar. En todo caso, se puede volver a seleccionar otro pedazo de la grabación en la misma zona y volver a obtener la frecuencia.

* Ojo! Para seleccionar y hacer el análisis TTF sólo se ha de ampliar el trozo que se quiere analizar hasta que ocupe toda la pantalla, no se debe usar la franja amarilla que aparece entre dos marcas cuando se toca la pantalla dos veces con un dedo.

* No es necesario volver a repetir el experimento, más allá de volver a comprobar que la frecuencia aumenta al acercarse los aparatos. El experimento es irrepetible porque aunque sea la misma persona la que mueva el teléfono es muy difícil que lo vuelva a hacer de la misma manera.

* Otra cuestión es volver realizar el experimento pero de una manera diferente. Por ejemplo: en lugar de acercar la fuente de sonido se puede alejar o en lugar de mover el emisor se puede mover el receptor y comprobar de esta manera el efecto Doppler en diferentes situaciones.