

Efecto Doppler acústico con contador digital



Física

Acústica

Generación y propagación del sonido

ciencia aplicada

Ingeniería

Mecánica Aplicada

Fluidos y Aerodinámica



Nivel de dificultad

duro



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

10 minutos



Tiempo de ejecución

10 minutos

PHYWE
excellence in science

Información para el profesor

Aplicación

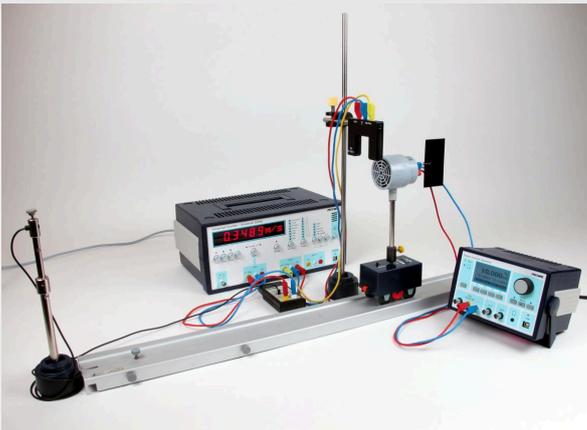
PHYWE
excellence in science

Fig.1: Montaje experimental

El efecto doppler acústico se utiliza en la localización de ecos y en la medición de velocidades radiales.

Este experimento puede utilizarse para obtener una primera comprensión del efecto doppler acústico.

Información adicional para el profesor (1/2)

PHYWE
excellence in science

Conocimiento previo

Los conocimientos previos necesarios para este experimento se encuentran en la sección de principio.



Principio

Si un emisor de sonido o un detector se ponen en movimiento con respecto al medio de propagación, la frecuencia de las ondas que se emiten o detectan se desplaza debido al efecto Doppler.

Información adicional para el profesor (2/2)

PHYWE
excellence in science

Objetivo

El objetivo de este experimento es investigar el efecto doppler acústico.



Tareas

1. Medir el desplazamiento Doppler para frecuencias y velocidades variables para un emisor sonoro en movimiento. Comparar las mediciones con los valores predichos por la teoría y valida la ecuación (4).
2. Medir el desplazamiento Doppler para frecuencias y velocidades variables para un detector en movimiento. Comparar las mediciones con los valores predichos por la teoría y valida la ecuación (6).

Principio (1/3)

Considerando el efecto Doppler hay que distinguir dos casos:

- i) el emisor se mueve relativamente al detector (comparar con la tarea 1) y
- ii) el detector se mueve relativamente al emisor (comparar con la tarea 2).

Para la propagación del sonido en general

$$c = f \cdot \lambda(1)$$

donde c es la velocidad del sonido en el medio, f es la frecuencia y λ la longitud de onda.

En el primer caso, la fuente se mueve mientras emite ondas sonoras. Así, en el tiempo que transcurre entre dos frentes de onda, el emisor recorre una distancia s con una velocidad v , siendo $T = 1/f$ el periodo de la onda sonora.

$$s = v \cdot T(2)$$

Principio (2/3)

En consecuencia, la longitud de onda (la distancia entre dos frentes de onda) se acorta en esa distancia y se obtiene la nueva longitud de onda

$$\lambda' = c_0 \cdot T \pm v \cdot T(3)$$

Allí $c_0 \cdot T$ es la distancia que ha recorrido el primer frente de onda y la fórmula es válida para un emisor que se mueve en dirección al detector (-) y en dirección contraria (+) respectivamente.

Insertando la relación (1) y simplificando se obtiene la expresión para la frecuencia desplazada del emisor móvil

$$f' = f(1 \pm \frac{v}{c})^{-1}(4)$$

Principio (3/3)

En el segundo caso, el detector se mueve con una velocidad v entre la detección de los frentes de onda posteriores. Por lo tanto, la velocidad del detector se suma (resta) a la velocidad del detector si éste se mueve hacia (lejos de) el emisor. Se obtiene para la frecuencia detectada

$$f' = \frac{c \pm v}{\lambda} (5)$$

La inserción de (1) y la simplificación da como resultado

$$f' = f(1 \pm \frac{v}{c}) (6)$$

Si tanto el emisor como el detector están en movimiento, se obtiene para la frecuencia desplazada la siguiente expresión con D y E denotando el detector y el emisor respectivamente:

$$f' = f(1 \pm \frac{v_D}{c} / 1 \pm \frac{v_E}{c}) (7)$$

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	PHYWE Contador universal	13601-99	1
2	MICROFONO CALIBRADO C. AMPLIF.	03543-00	1
3	Batería 9 V	07405-00	1
4	Generador de funciones digital con conexión USB	13654-99	1
5	Barrera fotoeléctrica compacta	11207-20	1
6	Carrito con accionamiento	11061-00	1
7	SOPORTE P.CARRITO C. ACCIONAMIEN.	11061-02	1
8	PISTA, L 900MM	11606-00	1
9	PILA DE 1,5 V-, baby	07922-01	2
10	Nuez	02043-00	1
11	Altavoz/audífonos 8 ohmios	03524-01	1
12	SOPORTE PARA 2 ELCTRODOS	45284-01	1
13	DIAFRAGMA CON ENCHUFE, LONG. 100 mm	11202-03	1
14	Pie cónico expert	02004-00	2
15	Varilla de acero inoxidable 18/8, 600 mm, d=10 mm	02037-00	1
16	VARILLA DE SOSTEN	09906-00	1
17	Cable de conexión, 32 A, 500 mm, rojo	07361-01	1
18	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm, ROJO	07362-01	2
19	Cable de conexión, 32 A, 500 mm, azul	07361-04	1
20	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm, AZUL	07362-04	2
21	CABLE DE CONEX., 32 A, 750 mm, AMARILLO	07362-02	1
22	Soporte para tubo	02060-00	1



Montaje y ejecución

Montaje (1/2)

El experimento con la fuente y el detector movimiento se deben montar como se muestra en las figuras 1 y 2. La cabeza sonora y el micrófono deben ajustarse a la misma altura. Ajustar la pantalla de la cabeza sonora de forma que pase la barrera de luz sin afectar al avance del coche.

La cabeza sonora se debe conectar a la salida del generador de funciones digital. El micrófono se conectará a la entrada del contador universal. Conectar la barrera de luz al contador universal como se muestra en la Fig. 1.

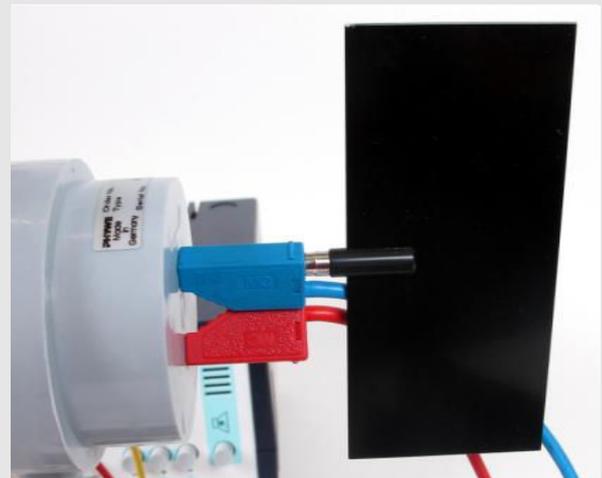


Fig. 2: Enchufar la pantalla en el cable de conexión superior

Montaje (2/2)

PHYWE
excellence in science

El experimento con la fuente en reposo y el detector de movimiento se configura como se muestra en la Fig. 3. La cabeza sonora y el micrófono deben ajustarse a la misma altura. Ajustar la pantalla del coche para que pase la barrera de luz sin que afecte al avance del coche. Las conexiones del micrófono, la cabeza sonora y la barrera de luz son las mismas que en la tarea 1.



Fig. 3: Montaje experimental (tarea 2): detector en movimiento

Ejecución (1/4)

PHYWE
excellence in science

Para al menos tres velocidades diferentes, entre 0,06 m/s y 0,16 m/s, y cinco frecuencias diferentes, entre 5 kHz y 10 kHz, medir el desplazamiento Doppler y la frecuencia original. Los ajustes del contador deben elegirse como sigue:

- Medición de la velocidad.
 - Función: velocidad.
 - ...y el gatillo: Γ
 - Distancia: 50 mm.
- Medición de la frecuencia.
 - Modo: analógico; función: frecuencia

Ejecución (2/4)

Los ajustes del generador de funciones digital deben elegirse como sigue:

- Frecuencia: 5 kHz... 15 kHz
- Amplitud: 1 V.
- Señal: sinus...

Primero hay que determinar la velocidad del coche. Colocar el regulador de velocidad del coche en una posición intermedia, y fijar la dirección de forma que el coche se aleje del micrófono. Elegir el punto de partida del coche con cuidado para que la velocidad del coche sea constante mientras pasa la barrera de luz, es decir, que ya no acelere. Realizar al menos cinco mediciones para determinar la velocidad media del coche. A continuación, elegir los ajustes adecuados del generador de funciones digital y cambiar los ajustes del contador universal para medir la frecuencia desplazada. Utilizar los botones Start y Stop para iniciar y finalizar la medición. Con el botón Hold fijar un valor medido durante el paso de la barrera de luz.

Procedimiento (3/4)

Para cada frecuencia original, realizar al menos cinco mediciones y anotar la frecuencia medida. Repetir el procedimiento (¡también la medición de la velocidad!) para el caso del emisor que se mueve hacia el detector. Realizar las mediciones para al menos tres velocidades diferentes.

Tarea 2

En primer lugar, determina la velocidad del coche como se describe en la Tarea 1.

A continuación, elija la frecuencia y cambie los ajustes del contador universal para medir la frecuencia. Para cada frecuencia registrar cinco valores tanto con el altavoz como con el micrófono en reposo, así como para el micrófono en movimiento.

Realizar el procedimiento para ambas direcciones de movimiento y al menos tres velocidades diferentes.

Ejecución (4/4)

PHYWE
excellence in science

Notas: Si el contador universal no mide la frecuencia a pesar del tono claramente audible, puede ser necesario adaptar la tensión de salida del amplificador del micrófono.

Durante la medición no puede haber ruido de fondo, ya que también sería registrado por el micrófono falseando las mediciones de frecuencia.

Si la velocidad del coche disminuye progresivamente aunque no se haya ajustado el regulador de velocidad, es posible que la batería esté baja y deba cambiarse. El hecho de que las velocidades de avance y retroceso del coche no sean idénticas para el mismo ajuste del regulador de velocidad es normal y se debe al tipo de motor utilizado en el coche.

PHYWE
excellence in science

Resultados

Resultados (1/3)

A continuación se describe la evaluación de los valores obtenidos con la ayuda de valores de ejemplo. Sus resultados pueden variar con respecto a los presentados aquí.

	v_- [m/s]	Δf [Hz]	Δf [Hz]	Δf [Hz]	v_+ [m/s]	Δf [Hz]	Δf [Hz]	Δf [Hz]
f_0		399.95	999.95	4999.95		5.0	10.0	12.0
1	0.140	-0,23	-0.45	-2.03	0.147	2.11	4.5	5.6
2	0.138	-019	-0.23	-1.96	0.152	2.01	4.3	5.0
3	0.137	-0.10	-0.15	-2.12	0.150	2.00	4.9	5.1
4	0.139	-0.18	-0.48	-2.17	0.158	1.88	4.1	5.3
5	0.138	-0.15		-2.05	0.156	2.09	4.3	5.3
media	0.138	-0.17	-0.33	-2.07	0.153	2.02	4.5	5.3
div. est.	0.001	0.04	0.14	0.07	0.004	0.07	0.3	0.2

Tabla 1

Resultados (2/3)

La Tabla 1 muestra valores de ejemplo para la Tarea 2. La primera fila de valores muestra las frecuencias con el emisor y el detector en reposo. Las cinco filas siguientes indican los desplazamientos de frecuencia medidos. Las dos últimas filas muestran los valores medios y la desviación estándar, respectivamente.

Como puede verse claramente en la tabla, el desplazamiento Doppler es muy pequeño para frecuencias bajas, lo que dificulta la medición, ya que el error es de la misma magnitud. Por ello, el experimento debe realizarse con frecuencias de 5 kHz y superiores.

Las figuras 4 y 5 muestran los resultados en comparación con los valores calculados con $c = 330$ m/s. El experimento arroja muy buenos resultados, incluso para frecuencias muy bajas.

Resultados (3/3)

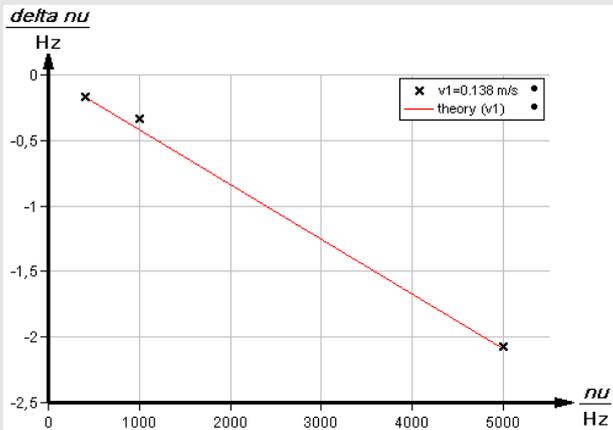


Fig. 4: Comparación de los valores medidos con el cálculo según la ec. (6) para un detector que se aleja del emisor.

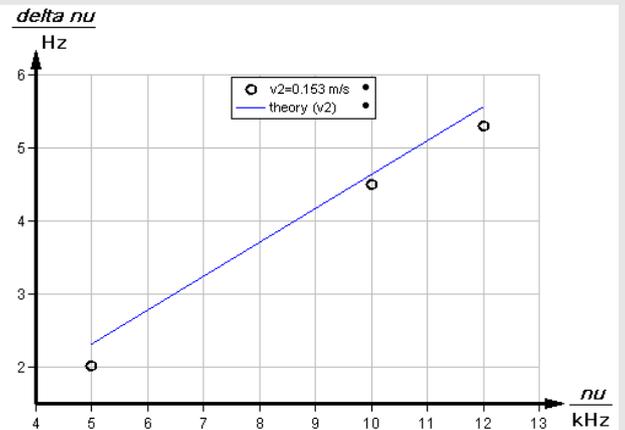


Fig. 5: Comparación de los valores medidos con el cálculo según la ec. (6) para un detector que se mueve hacia el emisor.