

Cómo afecta la temperatura al ritmo de vibración de un diapasón

Mi profesor me dijo que teníamos que plantear una investigación relacionada con algo que nos interesara y que se relacionara con el mundo real. Bueno, como estudiante de música a menudo utilizo un diapasón para ayudar a sintonizar mi guitarra. Yo simplemente golpeo el extremo y vibra con una frecuencia fija y conocida, y así puedo sintonizar la cuerda de guitarra a la misma frecuencia, comparando el sonido del diapasón con el sonido de la guitarra.

CP Existe una conexión entre el interés personal del alumno y su investigación, aunque lo expresa sin entusiasmo.

En física, aprendimos que el sonido viaja a diferentes velocidades en diferentes medios, y que el aire sería un medio diferente si la temperatura cambiara. Es decir, el sonido viaja más rápido en el aire caliente que en el aire frío. Las diferencias de temperatura en el aire pueden tener el efecto de curvar la trayectoria del sonido, como aprendimos estudiando las ondas. También aprendimos el semestre pasado que cuando se calienta un metal las partículas vibran más y, por lo tanto, el objeto de metal se expande ligeramente.

C Aunque no tan centrado como sería de esperar, el alumno guía al lector hacia cuestiones científicas pertinentes. Sabemos hacia dónde va el alumno.

C El alumno se refiere a la refracción.

Cuando la temperatura aumente el metal del diapasón se expandirá, y el resultado será una horquilla de brazos ligeramente más largos y, por lo tanto, una frecuencia de vibración más baja (una longitud de onda más larga).

EX Esta conexión parece razonable. Sin embargo, el alumno no sabe que la causa principal del cambio de frecuencia por calentamiento no es la expansión, sino la elasticidad. No obstante, vale la pena llevar a cabo la investigación.

Según la teoría científica establecida, la frecuencia de un diapasón está relacionada con un cierto número de propiedades. La longitud " l " es inversamente proporcional a la frecuencia (véase la ecuación de más abajo). La frecuencia también se relaciona con la raíz cuadrada del módulo de Young, el momento de inercia, la densidad y el área de la sección transversal del diapasón. Ver de nuevo la ecuación de más abajo.

EX El alumno está intentando establecer el contexto científico, pero debería haber investigado más para encontrar una relación con la temperatura.

Calculation of frequency

The frequency of a tuning fork depends on its dimensions and the material from which it is made:^[6]

$$f = \frac{1.875^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}}$$

Where:

- f is the frequency the fork vibrates at in Hertz.
- 1.875 the smallest positive solution of $\cos(x)\cosh(x) = -1$.^[7]
- l is the length of the prongs in metres.
- E is the Young's modulus of the material the fork is made from in pascals.
- I is the second moment of area of the cross-section in metres to the fourth power.
- ρ is the density of the material the fork is made from in kilogrammes per cubic metre.
- A is the cross-sectional area of the prongs (tines) in square metres.

The ratio $\frac{I}{A}$ in the equation above can be rewritten as $r^2/4$ if the prongs are cylindrical of radius r , and $a^2/12$ if the prongs have rectangular cross-section of width a along the direction of motion.

http://en.wikipedia.org/wiki/Tuning_fork

Aunque la temperatura no aparece en esta ecuación, la física nos enseña también que los metales se dilatan con la temperatura; la longitud y el área aumentarán con la temperatura, por lo que cambiará la frecuencia. Ver http://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_expansion.

CP El alumno ha relacionado algunos fenómenos físicos con el diapasón.

Así pues, en mi experimento investigué tres diapasones, cada uno de una frecuencia diferente. Primero los enfriaré en el refrigerador, y luego los calentaré en un horno. Cada vez mediré la temperatura y la frecuencia.

CP Aunque esta es una investigación de poca calidad, el alumno ha establecido los puntos de conexión entre teoría y experimento, y ha mostrado cierta iniciativa en el diseño e implementación de esta investigación.

EX y A Nada se ha planteado sobre repetir mediciones.

	
<p>Termómetro</p>	<p>Medición de frecuencia</p>

Para las mediciones de temperatura, utilicé un termómetro infrarrojo. Se apunta a la horquilla del diapasón, se pulsa un botón y se lee la temperatura. Esto tiene una precisión

C El informe está organizado y tiene fluidez. El trabajo está dividido en secciones estándar y el alumno se restringe a ellas al explicar su trabajo.

de un grado. Se trata de un termómetro infrarrojo de bolsillo, de puntero láser, modelo IR201 de *Extech*.

Para la **frecuencia** he usado mi teléfono inteligente con una aplicación de análisis de sonido. El teléfono capta el sonido y muestra la frecuencia; después se selecciona el histograma FFT en una escala lineal. La FFT se denomina transformada rápida de Fourier y me indica la frecuencia del sonido más fuerte. Ver http://en.wikipedia.org/wiki/Fourier_transform.

Este programa es una herramienta matemática avanzada que me hace todo el análisis. La aplicación para mi teléfono inteligente es de Tektronix y se llama "Real Time Audio Analyzer & Oscilloscope 1.1" y cuesta \$ 30.

Como **método**, dejé los diapasones en el refrigerador durante la noche y el día siguiente ensayé con ellos. Puse los diapasones en una bandeja y los calenté en el horno y luego ensayé con ellos. Como medida de **seguridad**, no quería que la temperatura fuera demasiado alta para poder manipularlo, he utilizado una plancha caliente de cocina para ello.

EX Un método algo rudimentario, pero factible. Lo que ocurre es que el alumno no obtuvo suficientes datos.

EX El alumno se muestra cuidadoso en este caso.

Mis resultados científicos son los siguientes.

Experimento 1: Diapasón de 1024 Hz

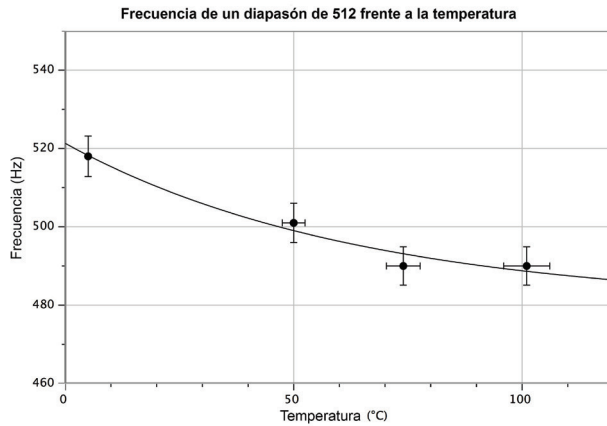
4°C	50°C	75°C	100°C
1025	1002	1002	1002

Estos **datos son demasiado pobres como para hacer uso de ellos**. De todos modos, los incluyo aquí porque hice un trabajo para llevar a cabo las mediciones. No debe dibujarse ningún gráfico puesto que los tres valores de frecuencia coinciden.

A La temperatura y la frecuencia se miden apropiadamente, por supuesto, pero la calidad y la cantidad no son las adecuadas. Para medir la frecuencia se utilizó el análisis FFT o de transformación de Fourier (donde el rango de frecuencia no resuelve los pequeños cambios en la frecuencia). Sería más apropiado un método diferente de medida de frecuencia para pequeños cambios de frecuencia. Está justificado que el alumno rechace los datos.

Experimento 2: Diapasón de 512 Hz

4°C	50°C	75°C	100°C
518	501	490	490

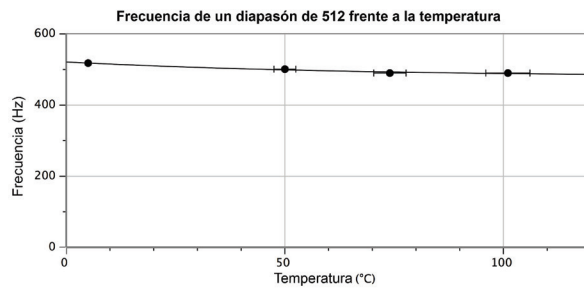


Para las incertidumbres en la frecuencia y la temperatura ajusté sencillamente el valor del porcentaje en *LoggerPro*, de modo que la línea del gráfico de mejor ajuste incluyera todos los rangos de datos. Resultó tan pequeña como el 1% para la frecuencia y el 5% para la temperatura; ambos son adecuados a mi experimento.

A Esta no es la manera de determinar las incertidumbres. El primer gráfico muestra cierta tendencia, pero las barras de incertidumbre no están justificadas.

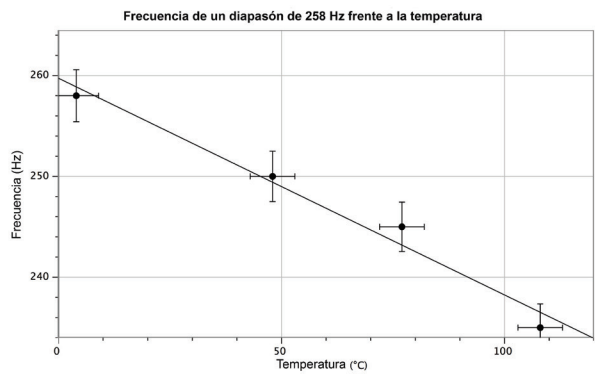
La ecuación para la relación es incomprensible, pero es claramente una ecuación de proporcionalidad inversa, es decir, cuando la temperatura aumenta la frecuencia disminuye. El siguiente gráfico es aún mejor si se muestra el origen del eje de frecuencias, como sigue a continuación.

A Si se añadieran las barras de incertidumbre a los datos de frecuencia, ¿habría justificación para una línea de tendencia? El segundo gráfico es realmente una buena idea, ya que pone de manifiesto la calidad de los datos. Parece que hay una ligera disminución de la frecuencia con la temperatura.



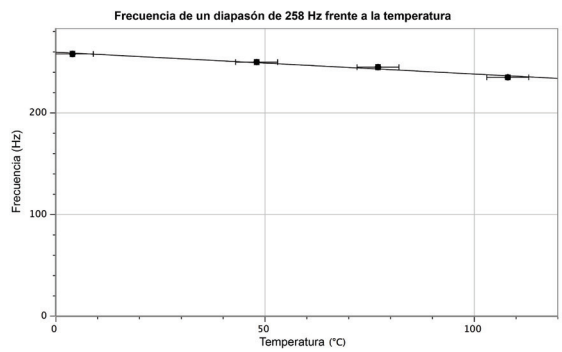
Experimento 3: Diapasón de 258 Hz

4°C	50°C	75°C	100°C
258	250	245	245



Aquí, la **incertidumbre** es del 5% para la temperatura y solo del 1% para la frecuencia. A continuación se puede ver el sencillo gráfico de más arriba pero para la gama completa de frecuencias (desde cero).

A Aquí también el alumno hizo que las barras de incertidumbre se adaptasen a los datos. En este gráfico el alumno se decidió por una recta como línea de mejor ajuste. Esto no tiene sentido.



Conclusión. Mi hipótesis era que el diapasón produciría una frecuencia menor a mayor temperatura. He demostrado que esto es cierto. Cuando el diapasón se calentó, se expandió, haciendo que la longitud de los brazos aumentara. Este aumento en la longitud provocó que la frecuencia fuera inferior, debido a que la longitud de los brazos pone de manifiesto la frecuencia (longitud de onda) del diapasón. Los diapasones más largos tienen una frecuencia más baja, mientras que los más pequeños tienen una frecuencia alta. La frecuencia de los diapasones está en relación inversa con la longitud de los brazos cuadrados. Mi experimento fue un éxito.

Para mejorarlo, (1) repetiría el experimento muchas veces, y (2) haría el experimento con más diapasones diferentes.

C Claramente, el alumno está trabajando con dedicación y haciendo todo lo posible, según lo que considera un estilo adecuado de informe de laboratorio.

EV Hay una ligera disminución de la frecuencia con la temperatura solo si ignoramos las incertidumbres. Quizás aquí haya algo después de todo, pero es seguro que nada de esto ha sido demostrado.

EV Esto no se ha justificado ni incluso medido. De hecho, es el cambio de la elasticidad con la temperatura lo que origina el cambio de frecuencia. La conclusión del alumno no es otra cosa que la repetición del aspecto teórico de la investigación.

EV Medir repetidamente habría ayudado a establecer las incertidumbres en los valores de los datos. Un rango más amplio y más puntos de datos también habrían ayudado.

EV Las sugerencias no son muy interesantes, pero el alumno pensó por un momento en las ampliaciones.