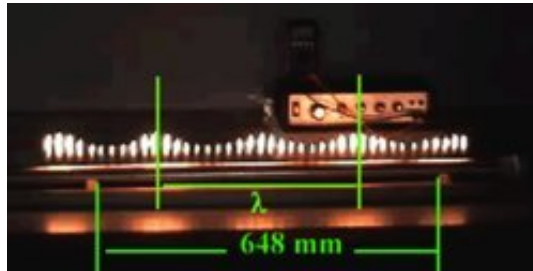


La composición y fabricación del Tubo de Rubens (experimento científico)

El sonido cuando viaja a través del aire genera diferencias de presión. El tubo de Rubens es un aparato que nos muestra estas variaciones de presión en forma de onda transversal, visualizándolas a través del gas propano. El gas tiene zonas en que la onda es más larga ya que recibe presión de la onda y otras, zonas donde la onda no presiona y apenas se ve la llama. Estas llamas nos dibujan la longitud y la frecuencia de la onda.



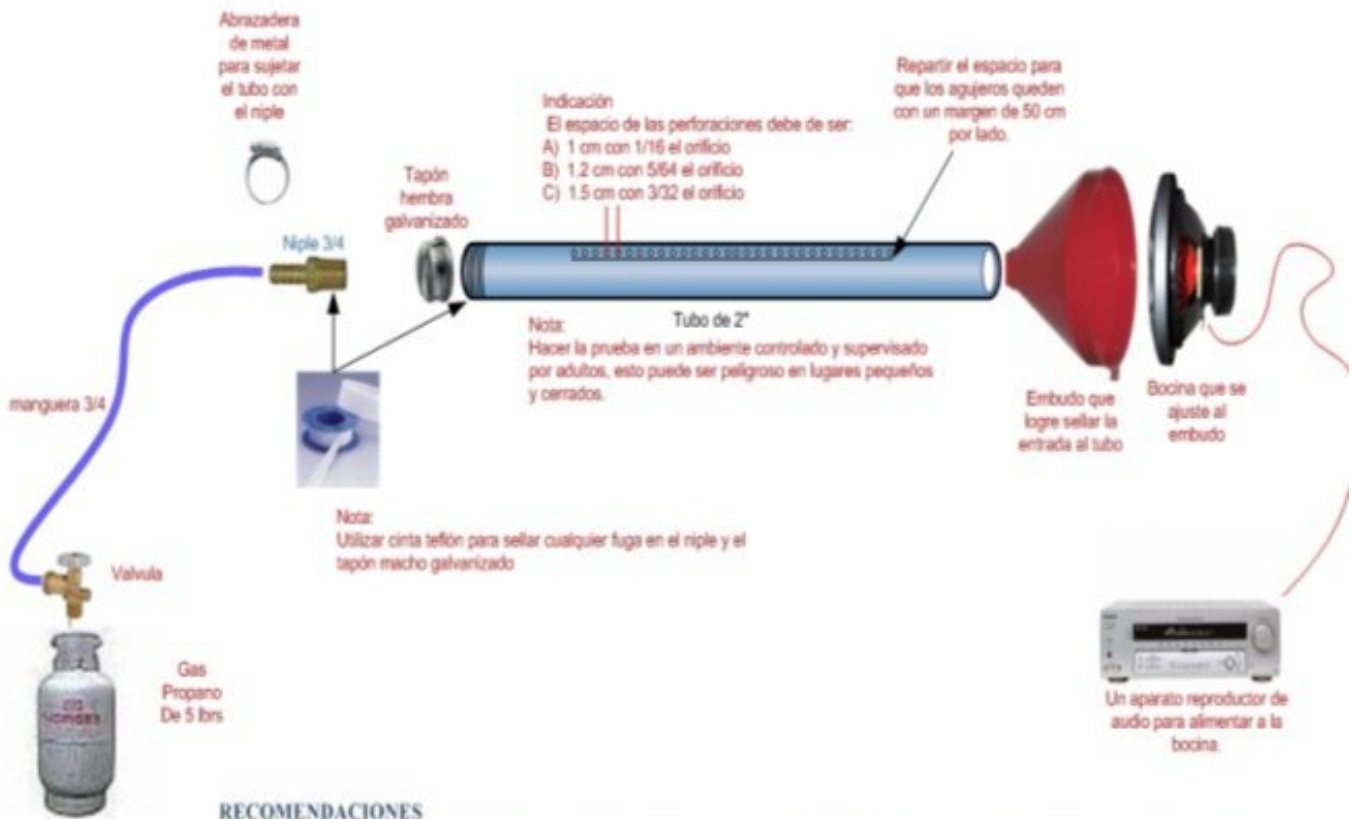
Funcionamiento

El sonido es una perturbación que hacemos a un determinado medio físico (como aire, agua, metal, etc.) de tal modo que lo que producimos en él es una onda mecánica de naturaleza longitudinal. En el caso del aire son las partículas que lo componen las que vibran, y la frecuencia y amplitud de esta vibración dependerán de la fuente sonora que las está produciendo. Así por ejemplo cuando tocamos la cuerda de una guitarra, ésta comienza a vibrar y es esa vibración la que perturba el medio que lo rodea (aire en este caso). Entonces la cuerda vibrante perturba a las moléculas de gas que están a su alrededor, haciéndolas oscilar con la misma. En otras palabras, lo que hace la cuerda es modificar la densidad del aire, lo hace oscilar, y esta perturbación se transmite como una onda longitudinal por todo su alrededor, provocando que la concentración de partículas gaseosas varíe en el tiempo mientras pasa por ahí la onda sonora.

Cuando comienza a salir sonido por el parlante, lo que está ocurriendo es que es el parlante mismo el que está vibrando, transmitiendo así esa perturbación a través del aire, hasta que ésta llega a la membrana de látex que se encuentra en uno de los extremos del tubo. Así la oscilación del parlante que es transmitida al aire y luego a la membrana de látex, siendo esta última, a raíz de su vibración, la que transmite la oscilación al gas del tubo, dicha perturbación genera diferencias de presión al interior del tubo. En efecto, habrá zonas donde haya mayor concentración de partículas de gas, lo que se traduce en mayor presión del gas en ese sector; asimismo habrá zonas con menor concentración de partículas de gas haciendo que en esos lugares la presión del gas sea menor. El que haya diferencias de presión al interior del tubo genera que el gas saldrá con mayor densidad por aquellos orificios en donde la presión sea alta, y al contrario en sectores donde la presión sea baja. De este modo, las llamas de fuego son más grandes en los sectores del tubo donde hay mayor presión de gas.

El experimento entonces consiste en enviar una onda sonora sinusoidal con una frecuencia constante, es decir, un tono dado. Una vez la onda perturba la membrana, esta a su vez altera el gas de tal modo que lo hace oscilar estacionariamente. Esto ocurre porque una vez que la membrana envía ondas longitudinales usando el gas del tubo como medio, estas se reflejan cuando llegan al otro extremo rígido del tubo, como la frecuencia, longitud y amplitud de la onda es constante, se produce una interferencia al interior del tubo entre las ondas salientes (de la membrana de látex) y las reflejadas (del extremo rígido), produciéndose así puntos donde la interferencia es destructiva (nodos) y puntos donde la interferencia es constructiva (antinodos). En estos últimos puntos es donde la amplitud de la onda es más grande y eso se evidencia claramente en el fuego. Entonces, lo que observaremos en el experimento es que a medida que cambiamos la frecuencia de la señal que enviamos por el parlante, cambiará también la longitud de las ondas estacionarias que se forman en el interior del tubo. Así, a medida que más incrementamos la frecuencia de la señal, mas "cerritos" de fuego vamos a ver en el tubo, es decir, mientras más grande es la frecuencia más pequeña es su longitud de onda. En resumen, lo que está ocurriendo mientras el gas se comporta estacionariamente es que habrá sectores, claramente definidos, donde la concentración de partículas será mayor, por tanto la presión lo será y así también la amplitud de la llama. En efecto, si todo sale bien, observaremos el comportamiento sinusoidal de la onda emitida por el parlante, pero ilustrada en el fuego.

FABRICACIÓN DEL TUBO RUBENS



RECOMENDACIONES

El Tubo debe de tener por lo menos 1.50 metros, recuerden que se debe repartir los agujeros desde el centro del tubo hacia los extremos, pueden comenzar probando con unos 10 orificios para hacer pruebas y luego hacer mas perforaciones ya que les ha funcionado.

Con respecto al flujo de el gas, se debe hacer ajustes en el momento que ya esta encendido y funcionando la bocina, ya que esto puede apagar la llama si es demasiado fuerte el flujo de aire que se genera con la bocina.

Materiales

(Costo Aproximado : \$25.000)

? Tubo de evacuación de zinc de 1 metro de largo y 4 pulgadas de diámetro.

? Membrana de látex (por ejemplo guante quirúrgico, condón o globo).

? Tapa metálica de diámetro similar al del tubo

? 2 trozos de cañería de cobre de 3 cm de largo y 0,5 pulgadas de diámetro

? 2 bases de bronce

- ? Cinta adhesiva para altas temperaturas (de color plomo)
- ? Silicona de alta temperatura (de color rojo)
- ? Remaches
- ? Soldadura y pasta de soldadura
- ? Papel engomado (maskin tape)
- ? Gas licuado
- ? Llave de paso (con su respectivo conector)
- ? Regulador de gas (con sus respectivos conectores)
- ? 2 Mangueras de gas (de color amarillo)
- ? Abrazaderas
- ? 2 conectores de bronce
- ? T de bronce
- ? Teflón amarillo (para conexiones de gas)
- ? 4 latas de zinc dobladas en sus bordes de 15x2 cm
- ? 2 latas de zinc dobladas en sus bordes de 40x3 cm
- ? 8 tornillos y 8 tuercas
- ? 4 soberbios
- ? Listón de madera de 100x20 cm
- ? Parlante o radio
- ? Generador de Tonos
- ? Procedimiento para Construir

- ? Tubo (propia mente tal): Si el tubo de zinc está corrugado por uno de sus extremos aconsejamos cortarlo, pues será un impedimento para sellar los extremos, luego de esto colocar maskin tape de punta a cabo ubicando con un lápiz el punto central, marca a cada lado un máximo de 30 puntos equi-espaciados cada media pulgada (aproximadamente 1.25cm) de

manera tal que dejes sin puntear 10 cm a cada extremo del tubo, este espacio servirá para sellar los extremos y adosar los soportes. Acto seguido busca una tabla de 10x10cm y un espesor de 1 cm mínimo, coloca la tabla dentro del tubo y perpendicular al maskin tape, con un martillo y una punta de 1 pulgada perfora cuidadosamente en cada uno de los puntos hechos sobre la cinta, asegúrate que los orificios queden regulares y aproximadamente del mismo diámetro,



retira el maskin y procede a marcar los orificios por donde alimentarás de gas el tubo, divide en tres el largo del tubo y márcalo, con la misma técnica descrita anteriormente (de la tabla), perfora con una broca de diámetro menor al de los trocitos de cañería de cobre, posteriormente lima hasta lograr el ancho necesario para que dicha cañería entre ajustada.





Para sellar el extremo rígido perfora la tapa metálica 6 veces equi-espaciadamente (aprox. cada 5cm), con una broca del diámetro igual a los remaches que ocuparás, ponla en el tubo y marca en él los orificios ya hechos, perfora el tubo con la misma técnica que hemos ocupado hasta ahora, así evitarás que se doble el tubo, por último remacha en cada uno de los orificios.



Lija con esmero los orificios del tubo para las cañerías, las cañerías y las bases de bronce (en este punto podrías ahorrar la cañería y conectar directo la base de bronce al tubo, para ello necesitarás agrandar un poco más dichos orificios), pon pasta de soldadura en el tubo con la cañería puesta, calienta con el soplete hasta lograr que se vea una llama verde y pon la soldadura, vuelve a agregar pasta, calienta nuevamente y repasa por última vez con soldadura, repite el proceso para la otra conexión y una vez frío (para esto puedes tirar agua a la zona, para hacerlo más rápido), utiliza la misma técnica para soldar las bases. Para el extremo de la membrana elástica, recubre con un poco de cinta ploma el borde, pues así evitarás que se corte el látex con el filo del zinc, pon la membrana de látex un poco tensa y asegúrala con varias vueltas de la misma cinta. Luego de esto, asegura cada conexión con silicona de alta

temperatura (dentro de lo posible).



? Conexiones de gas: corta ambas mangueras por la mitad, conecta una de ellas a la llave de paso y por el otro extremo al regulador (aquí podrías ahorrar comprando de inmediato una llave con regulador, llamado "regulador de soplete"), por el otro extremo del regulador añade otro retazo de manguera y conéctalo a la T de bronce, de ésta saca los otros dos trozos de manguera y pon los conectores en sus extremos respectivos. Recuerda siempre poner antes de cada conexión la abrazadera correspondiente y en cada conexión de bronce unas 8 vueltas de Teflón amarillo. Asegura las abrazaderas y retira el Teflón sobrante.



Manguera completa



T de bronce



Regulador de soplete



Llave de paso

? Soporte y montaje: Dobra las latas de zinc de 40x3 cm, alrededor del tubo y pon diametralmente opuestos y paralelos a cada una de ellas dos trozos de latas de de zinc de 15x2 cm con tornillos y tuercas, dobla unos 5cm de esta última y hazle una perforación, para posteriormente fijarlo a la base de madera. Asegura con dos tornillos y tuercas cada uno de los soportes al tubo y por último asegura con soberbios cada uno de las patitas al listón de madera.



Conecta las terminales de las manqeras de gas al tubo y la llave de paso al balón de gas licuado, tapa los orificios del tubo con maskin tape y antes de poner fuego, da la llave de paso y regula que pase un poco de gas (lo evidenciarás porque la membrana de látex se inflará), con una esponja, agua y jabón cerciora que en todas las conexiones no hayan filtraciones, te darás cuenta porque saldrán pequeñas burbujas. Luego que verifiques que no hay filtraciones de gas,

pon fuego, acerca el parlante o radio con las frecuencias constantes y aprecia las ondas.



El sonido cuando viaja a través del aire genera diferencias de presión. El tubo de Rubens es un aparato que nos muestra estas variaciones de presión en forma de onda transversal, visualizándolas a través del gas propano. El gas tiene zonas en que la onda es más larga ya que recibe presión de la onda y otras, zonas donde la onda no presiona y apenas se ve la llama. Estas llamas nos dibujan la longitud y la frecuencia de la onda. El efecto que se logra es idéntico a los que podemos ver cuando en un reproductor multimedia (como Windows Media) usas un analizador de música, y este cambia de formas y colores según su ritmo, lo que se llama "efecto ecualizador".

Información General.

Un tramo de tubería está perforada en la parte superior y se sella en ambos extremos - un sello se adjunta a un pequeño altavoz o un generador de frecuencia, el otro a un suministro de un gas inflamable (tanque de propano). El tubo se llena con el gas, y el escape de gas de las perforaciones se enciende. Si una frecuencia constante adecuada se utiliza una onda estacionaria se puede formar en el tubo. Cuando el altavoz está encendido, la onda estacionaria creará puntos con oscilación de presión (superior e inferior) y puntos con presión constante (nodos de presión) a lo largo del tubo. Cuando la presión es oscilante debido a las ondas de sonido, menos gas se escapará de las perforaciones en el tubo, y las llamas serán más bajas en esos puntos. En los nodos de presión, las llamas son más altas. Al final de la velocidad del tubo molécula de gas es cero y la presión oscilante es máxima, por lo tanto bajo las llamas se observan. Es posible determinar la longitud de onda de los mínimos y máximos de llama con sólo medir con una regla.

Explicación

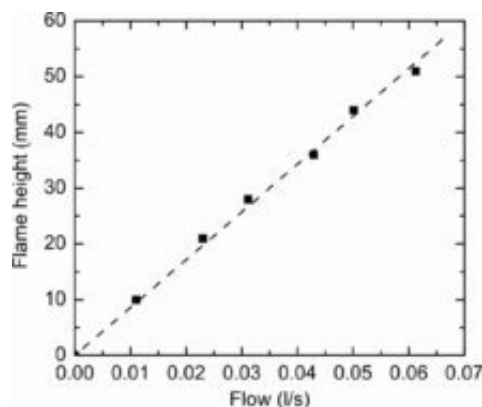
Desde los tiempos promedio de la presión es igual en todos los puntos del tubo, no es fácil explicar las intensidades de llama diferente. La altura de la llama es proporcional al flujo de gas, como se muestra en la figura.

Un **tubo de Rubens**, también conocido como un **tubo de ondas de llama permanente**, o simplemente **tubo de llama**, es una antigüedad física aparato para demostrar acústicas ondas estacionarias en un tubo. Inventado por el físico alemán Heinrich Rubens en 1905, se muestra gráficamente la relación entre las ondas sonoras y de presión de sonido, como un primitivo osciloscopio. En la actualidad sólo se utiliza de vez en cuando, como una demostración de enseñanza de la física.

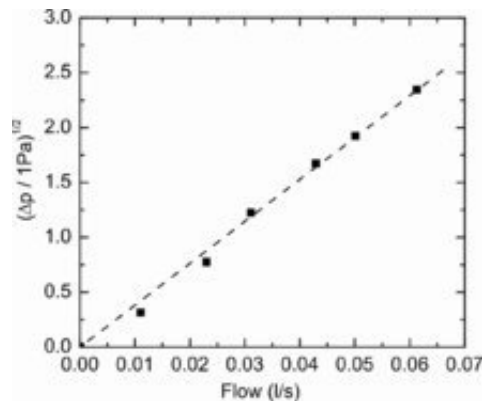
Una longitud de tubo está perforado a lo largo de la parte superior y cerrado en ambos extremos - un sello se adjunta a un pequeño altavoz o generador de frecuencia, y el otro a un suministro de un gas inflamable (tanque de propano). El tubo se llena con el gas, y el gas se escape de las perforaciones está encendido. Si una frecuencia constante adecuada se utiliza, una onda estacionaria se puede formar dentro del tubo. Cuando el altavoz está activado, la onda estacionaria se crean puntos con oscilante (superior e inferior) de presión y con puntos de presión constante (nodos de presión) a lo largo del tubo. Cuando hay presión oscilante debido a las ondas sonoras, menos gas se escapará de las perforaciones en el tubo, y las llamas será menor en esos puntos. En los nodos de presión, las llamas son más altos. Al final de la velocidad del tubo molécula de gas es igual a cero y la presión oscilante es máxima, con lo que se observó llamas bajas. Es posible determinar la longitud de onda de los mínimos y máximos llama simplemente midiendo con una regla.

Explicación

Puesto que el tiempo promedio de la presión es igual en todos los puntos del tubo, no es fácil explicar las alturas de llama diferentes. La altura de la llama es proporcional al flujo de gas como se muestra en la figura. Basándose en el principio de Bernoulli, el flujo de gas es proporcional a la raíz cuadrada de la diferencia de presión entre el interior y el exterior del tubo. Esto se muestra en la figura por un tubo de pie sin onda de sonido. Con base en este argumento, la altura de la llama depende de forma no lineal a nivel local, en función del tiempo de presión. El tiempo promedio de la corriente se reduce en los puntos con presión oscilante y por lo tanto las llamas son más bajos.



Altura de la llama en un tubo de Rubens (sin pie onda de sonido) para diferentes caudales de gas natural. La línea de puntos está en forma lineal.



Raíz cuadrada de la diferencia de presión entre el interior y llegada de tubo Rubens (sin pie onda de sonido) para diferentes flujos de gas natural. La línea de puntos está en forma lineal.

Historia

Heinrich Rubens fue un físico alemán nacido en 1865. A pesar de que supuestamente trabajaba con mejores físicos recordados como Max Planck de la Universidad de Berlín en algunas de las bases para los físicos cuánticos, es más conocido por su tubo de llama, lo que se demostró en 1905.

Este original de Rubens tubo fue una sección de cuatro metro de tubería con 200 agujeros espaciados de manera uniforme a lo largo de su longitud. Cuando los extremos están sellados y un gas inflamable se bombea en el dispositivo de la presión del edificio se tienen solamente una ruta de igualar. El gas que se escapa puede ser iluminado para formar una fila de llamas incluso aproximadamente. Sobre la introducción de un altavoz a uno de los extremos sellados, formas de onda de pie se puede ver en las llamas.

Dentro del tubo del Rubens, tan pronto como se encendió las llamas de gas generalmente uniforme se verá. Esto es porque no hay diferencia de presión muy pequeña entre cualquier área dada del espacio interior del tubo. Una vez que el sonido se aplica desde un extremo, la presión cambiará dentro del tubo. Si el sonido de una frecuencia de ser fácil de medir, la longitud de onda será visible en la serie de llamas, con los más altos llamas siendo donde la condensación tiene lugar y la más baja donde rarefacción se está produciendo.

Las demostraciones públicas

Un tubo de Rubens estuvo en exhibición en *el exploratorio* en Bristol, Inglaterra hasta su cierre en 1999. Una exposición similar con perlas de poliestireno en lugar de llamas apareció en el At-Bristol centro de ciencia hasta 2009.

Esta pantalla también se encuentra en los departamentos de Física en varias universidades. Un número de muestra física también tiene uno, tales como: Fundación Rino (Países Bajos),

Fysikshow Aarhus (Dinamarca), Fizika Ekspres (Croacia) y AA Física show (Finlandia).

Los Cazadores de Mitos también incluyó una demostración de su "Llama Voz Extintor" episodio en 2007. ^[7] El Daily Planet 's The Greatest Show Ever, organizó un concurso mediante el cual cinco centros científicos canadienses compitieron para experimentar el mejor centro de la ciencia / display . La ciencia de Edmonton Centre (Telus World of Science) utilizó un tubo de Rubens. De hecho, el tubo de Rubens ganó la competencia. El especial fue filmado el 10 de octubre de 2010.

Objetivo: Demostrar que el sonido está hecha de ondas de presión.

Resumen: Un tubo de metal se llena de gas que se puede escapar de los agujeros pequeños. El gas se enciende y el sonido se envía al interior del tubo por un altavoz.

Palabras clave: Olas, ondas longitudinales, sonido, ondas estacionarias, oscilaciones.

Descripción:

Perforar una larga fila de pequeños agujeros en un tubo de metal.



Metal tubo con larga hilera de agujeros perforados.

El tubo está cerrado en un extremo por una membrana de caucho y en el otro extremo por un tapón a través de la cual el gas se puede dejar en el tubo.

Un cilindro de gas está conectado al tubo. A medida que el flujo de gas se activa, el gas fluirá dentro del tubo y sale a través de los pequeños orificios. Con un mechero o una cerilla, el gas se enciende, y una larga fila de pequeñas llamas se forma.

Un altavoz está conectado a un generador de frecuencia, y una onda de sonido puro se dirige hacia la membrana de goma. El sonido entrará en el tubo, y si la frecuencia es la derecha, una

onda estacionaria se forma. Esta onda estacionaria se puede ver directamente como diferencias en la altura de las llamas individuales.

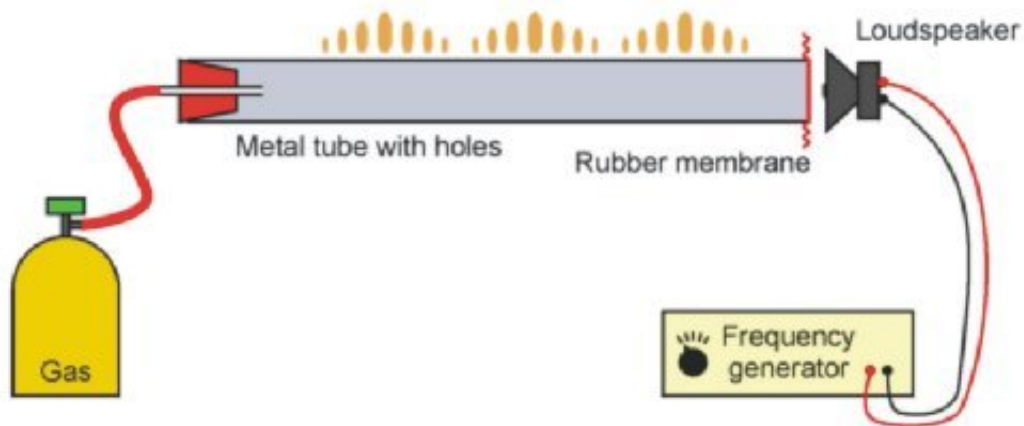


Diagrama del tubo de llama Ruben.

Puede ser muy difícil crear una onda estacionaria bueno, por lo que las llamas formar un patrón claro. Prueba cambiando la presión de gas, intensidad de sonido y frecuencia de sonido.

La demostración también debería hacerse cuando el generador de frecuencia se sustituye por una unidad de CD o reproductor de MP3 (además de un amplificador). Esto le permite enviar música en el tubo, por lo que es posible ver la danza de las llamas en sintonía con los tambores y la base.



Foto del tubo de llama Ruben en uso.

En la imagen superior, la membrana de goma está hecho de un globo normal. También hay un embudo de canalizar el sonido desde el altavoz a la membrana. En la imagen inferior, la membrana está hecha de un guante de goma. Este tubo tiene un diámetro más grande, y el

embudo no es necesario para hacer de este tubo de trabajo:



Foto del tubo de llama Ruben.

En muchas descripciones de este experimento en el literature, el altavoz se coloca en el tubo de sí mismo con algún sello estanca a los gases (por ejemplo plástico y cinta).



Foto del tubo de llama Ruben en uso.

En las referencias listadas a continuación, el tubo de llama se ha realizado con diferentes diseños. Estos son algunos ejemplos de las dimensiones utilizadas en la construcción del tubo de llama:

Longitud	Diámetro	Tipo	N ° de agujeros	Tamaño de los agujeros	Hole distancia
4,0 m	8 cm	latón tubería	100	2 mm	3 cm
3,0 m	7,5 x 7,5 cm	pista de aire linear	-	-	-

1,8 m	7,5 cm	tubería de drenaje galvanizado	-	1,6 mm	3,8 cm
1,0 m	9 cm	tubería de hierro	67	1,4 mm	-
2,4 m	10 cm	tubería de drenaje galvanizado	59	1,4 mm	3,8 cm

El tubo de llama Ruben lleva el nombre de Rubén H., que publicó el experimento de demostración en Annalen der Physik en 1905 (justo después de Einstein en su famosa 1905-artículo sobre el efecto fotoeléctrico!).

En 1975, un estadounidense profesor de física presentó un tubo de llama construido a partir de una pista de aire linear. Señaló que el experimento tubo de llama no se ha representado en las escuelas debido a la exigencia de un equipo muy especializado. En realidad, lo único que necesitas es un poco de tubo con una larga hilera de agujeros pequeños, tal y como se encuentra en una pista de aire estándar. Todas las filas de agujeros - pero uno - por ejemplo, puede ser cubierto con cinta.

Se podría pensar que, cuando la onda estacionaria tiene un nodo, las llamas será pequeña. Por desgracia, la física de este experimento no es tan simple. Como se discute en las siguientes referencias, en realidad es posible conseguir dos modos diferentes de operación variando el gas y la presión de sonido!

Para una intensidad de sonido dado, las llamas típicamente será mayor en el anti-nodo de la onda estacionaria (es decir, el nodo de presión). Si la presión del gas se reduce, las llamas en los nodos será el más alto. Para una presión de gas dada, se produce un sonido de alto volumen en llamas altas en los nudos y que la inversa a volúmenes de sonido de baja.

Ficken y Stephenson mostrar en su artículo que el flujo de gas fuera de un agujero se puede escribir como:

$$\sqrt{P_{gas} + P_{sound} \sin(\omega t)}$$

Relación entre el flujo de gas, presión de gas y la presión de sonido para un sonido omega frecuencia dada.

Así, para presiones de gas bajas y presiones de sonido grandes, el aire atmosférico en realidad puede ser succionada por el tubo.



El tubo puede llegar a ser muy caliente, y si todo el agujero no se enciende, puede dejar que una gran cantidad de gas quemado en la habitación. Asegúrese de ventilar bien la habitación.

SÍNTESIS DE LA EXPERIENCIA AL REALIZAR EL ECUALIZADOR DE FUEGO

La física también puede ser divertida, así como lo demuestra este experimento, el ecualizador de fuego.

El sonido cuando viaja a través del aire genera diferencias de presión. El tubo de Rubens es un aparato que nos muestra estas variaciones de presión en forma de onda transversal, visualizándolas a través del gas propano. El gas tiene zonas en que la onda es más larga ya que recibe presión de la onda y otras, zonas donde la onda no presiona y apenas se ve la llama. Estas llamas nos dibujan la longitud y la frecuencia de la onda.

El tubo de Ruben también es llamado este experimento gracias a su inventor, quien propuso este experimento en los años 1905.

lo que observaremos en el experimento es que a medida que cambiamos la frecuencia de la señal que enviamos por el parlante, cambiará también la longitud de las ondas estacionarias que se forman en el interior del tubo. Así, a medida que más incrementamos la frecuencia de la señal, mas "cerritos" de fuego vamos a ver en el tubo, es decir, mientras más grande es la frecuencia más pequeña es su longitud de onda. En resumen, lo que está ocurriendo mientras el gas se comporta estacionariamente es que habrá sectores, claramente definidos, donde la concentración de partículas será mayor, por tanto la presión lo será y así también la amplitud de la llama. En efecto, si todo sale bien, observaremos el comportamiento sinusoidal de la onda emitida por el parlante, pero ilustrada en el fuego.

LO QUE TE GUSTÓ

El experimento fue asombroso, la forma como se complementa la llamas del fuego junto a la música me dejo emocionado.

Hacer danzar al fuego figurativamente como es demostrado al cambiar la presión del gas por las ondas de la música, es algo muy entretenido y muy atractivo.

Este experimento es muy característico para acercar a los jóvenes a la física, ya que por medio de esto se puede buscar una razón al porque la variación de las llamas, acercándonos a pensar que la materia es muy entretenida y no solo son fórmulas y cálculos.

LO QUE NO TE GUSTÓ

Considero que este trabajo, no es tan sencillo, ya que siempre debe realizarse con la supervisión de un adulto, debido a lo peligroso que es el uso del gas propano en áreas cerradas, de esta manera siempre se debe realizar el experimento en un área ventilada.

Además el tubo para el ecualizador debe ser elaborado por alguien que pueda soldar, en este caso, algunos materiales para el experimento dependerían de otras personas.

Convirtiéndose este en un experimento que no puede realizar cualquier, ni puede realizarse en casa.