

Instancia Nacional Prueba Teórica

Problema 1

De la tierra a la luna, de Julio Verne.

En la novela *De la tierra a la luna* de Julio Verne (Nantes, 8 de febrero de 1828- Amiens, 24 de marzo de 1905) se narran las peripecias de los miembros del Club de cañones de Baltimore, condenados a la inactividad después de terminar la guerra civil de Norteamérica, para enviar a la luna una bala de cañón tripulada. Para esto, los miembros del club decidieron construir un cañón colosal, cargarlo con un proyectil hueco y, por medio de un disparo, lanzar este vagón-proyectil a la luna.

El cañón construido tenía una longitud de 200 m y estaba enterrado verticalmente en la tierra. Como vagón-proyectil se utilizó una esfera hueca de aluminio de 4.60 m diámetro exterior y 0.30 m de espesor. La masa total del vagón-proyectil, teniendo en cuenta la tripulación y la carga, era de 8000 kg. Para efectuar el disparo, el cañón se cargó con 160000 kg de algodón pólvora.

En la novela se indica que el proyectil alcanzó, al momento de salir de la boca del cañón, una velocidad de 16 km/s y que, debido al rozamiento con el aire de la atmósfera terrestre, la velocidad disminuyó a 11 km/s al momento de abandonar la misma.

Se propone realizar algunos cálculos y sacar algunas conclusiones.

- a) Determinar la cantidad de energía liberada por kilogramo de algodón pólvora. Suponer que no hay rozamiento entre el proyectil y el ánima del cañón y que se pierde un 20% de energía por calor.
- b) Calcular la aceleración que experimentan los pasajeros del vagón-proyectil cuando recorren el ánima del cañón. Suponer que el movimiento del vagón dentro del ánima del cañón es uniformemente acelerado.
- c) Estudios muestran que el cuerpo humano es capaz de soportar, por cortos períodos de tiempo, 10 veces la aceleración de la gravedad sin perjuicio para la salud. Determinar cuál debería ser la longitud del cañón para que la tripulación sobreviva al disparo considerando la misma velocidad de salida del caso anterior. Tomar como valor de aceleración de la gravedad $g = 10 \text{ m s}^{-2}$.
- d) Establecer si el proyectil escapa del campo gravitatorio terrestre. Despreciar la atracción gravitatoria de la luna.

NOTA: Entendemos por “velocidad de escape” a la velocidad inicial requerida para ir desde un punto inicial en un campo gravitatorio (en nuestro caso el punto inicial es el límite exterior de la atmósfera) y llegar al infinito con velocidad cero.

Cuando el vagón-proyectil se encuentre en el espacio exterior recibirá radiación solar. Esta radiación será absorbida por el vagón-proyectil elevando su temperatura. El flujo de radiación que recibirá el vagón-proyectil es aproximadamente de $1366 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}$.

Considerando que el vagón-proyectil se comporta como un cuerpo negro, éste irradiará una potencia P dada por la siguiente fórmula:

$$P = \sigma AT^4$$

Donde σ es la constante de Stefan-Boltzmann, A es la superficie por la que se emite la radiación (superficie del cuerpo) y T es la temperatura del cuerpo en Kelvin.

- e) Determinar la potencia de radiación que absorbe el vagón-proyectil.
- f) Determinar la temperatura que alcanza el vagón-proyectil. Suponer que el mismo ha alcanzado un estado estacionario en el cual la temperatura no cambia con el tiempo.
- g) Concluir si será necesario un sistema para refrigerar el vagón-proyectil o para calefaccionar el mismo.

Para tener iluminación, el vagón-proyectil tiene un sistema que transforma parte de la energía recibida, en forma de radiación, en energía eléctrica. De esta forma se cuenta con una fuente de tensión continua de 24 V. Para la iluminación, se utilizarán lámparas “frías” que tienen una resistencia de trabajo de 200Ω y por las que puede circular una corriente máxima de 5 mA.

- h) Determinar el número mínimo de lámparas en serie que se deben conectar a la fuente para obtener la máxima cantidad de luz sin que ninguna se dañe.
- i) Calcular la potencia que disipa el circuito en estas condiciones.
- j) Calcular la potencia que entrega la fuente en estas condiciones.

Datos:

Longitud del cañón: 200 m

Diámetro exterior de la esfera hueca de aluminio: 4.60 m

Espesor de la esfera hueca de aluminio: 0.30 m

Masa total de la esfera más la tripulación: 8000 kg

Masa de algodón pólvora: 160000 kg

Velocidad de salida del proyectil en la boca del cañón: $16 \frac{km}{s}$

Velocidad del proyectil al abandonar la atmósfera: $11 \frac{km}{s}$

Masa de la tierra: $M_T = 5.974 \times 10^{24} kg$

Radio de la tierra: $R_T = 6400 km$

Altura de la atmósfera respecto de la superficie terrestre: $H = 100 km$

Aceleración de la gravedad: $10 \frac{m}{s^2}$

Flujo de radiación solar: $1366 \frac{W}{m^2}$

Constante gravitatoria universal: $G = 6.672 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$

Constante de Stefan-Boltzmann: $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \frac{W}{m^2K^4}$

NOTA: La superficie efectiva de absorción de una esfera de radio R, irradiada desde una única dirección, es πR^2

Hoja de soluciones Problema 1: De la tierra a la luna, de Julio Verne.

a)

b)

c)

d)

e)

f)

g)

h)

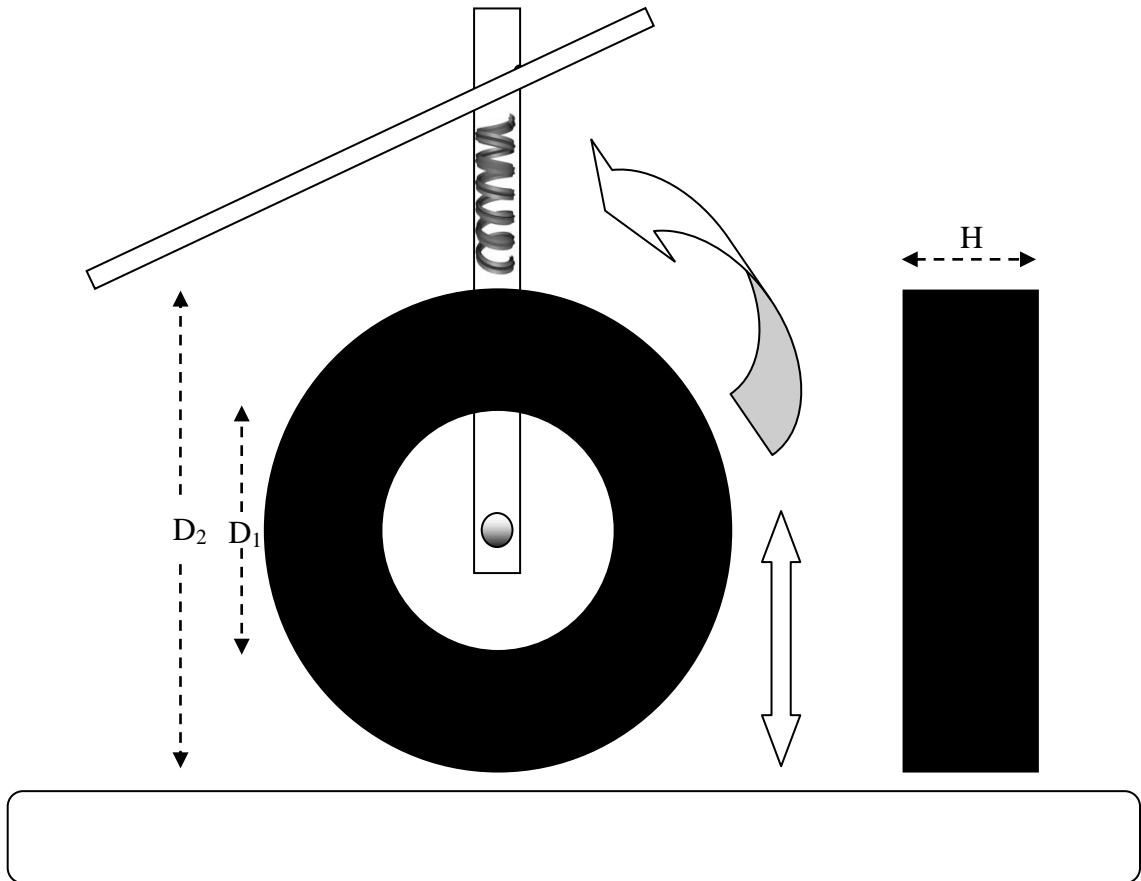
i)

j)

Problema 2

Probando Neumáticos

Una rueda de automóvil es expuesta a una serie de experimentos, con el fin de estudiar sus propiedades dinámicas. Uno de estos experimentos está representado en la figura adjunta.



Mediante un sistema mecánico adecuado la rueda se hace girar desde el reposo hasta una velocidad angular final Ω_0 en sentido anti-horario (vista de frente). Con un sistema de palancas se puede apoyar (y separar) la rueda en movimiento sobre una superficie plana, la cual permanece siempre en reposo. La máxima fuerza normal, \mathbf{N} , que puede ejercer el neumático sobre la superficie es 2500 N. El coeficiente de rozamiento dinámico, μ_{din} entre la rueda y la superficie puede variar en el rango 0,055 (simulando el caso en que la superficie plana es hielo) hasta 0,8 (para el caso en que la superficie plana simula pavimento seco). Por efecto del rozamiento entre la rueda y la superficie, aquella se detiene tras un tiempo Δt , después de apoyarse sobre la superficie.

Suponiendo que las dimensiones de la rueda son las detalladas en la Tabla 1, que la fuerza normal N es la máxima, que Ω_0 corresponde a una velocidad lineal de 120km/h y que $\mu_{\text{din}} = 0,4$.

- Indique dirección, sentido y módulo de la fuerza de rozamiento.
- Calcule la energía total disipada por rozamiento, desde que la rueda se pone en contacto con la superficie plana, hasta que se detiene.
- Calcule el tiempo que tarda en frenarse la rueda.

- d) Calcule el número de vueltas que da la rueda antes de detenerse y la distancia de frenado teniendo en cuenta solo el rozamiento entre el neumático y la superficie (es decir, sin la asistencia de un sistema de frenos).
- e) Calcule el número de moles de aire contenidos dentro del neumático. Considere que el aire con el que se rellena el neumático se comporta como un gas ideal. Suponga que la rueda se infló hasta una presión de 245kPa, a una temperatura ambiente igual a $T=293$ °K. Las dimensiones de la llanta son las que se indican en la tabla 1. (constante de los gases $R = 8.31$ J/(mol K))
- f) Suponiendo que toda la energía disipada por el rozamiento entre el neumático y la superficie plana, calculada en el punto c), genera el calentamiento de la rueda (neumático y llanta) y del aire que contiene, determine el cambio de temperatura del aire.

Considere que:

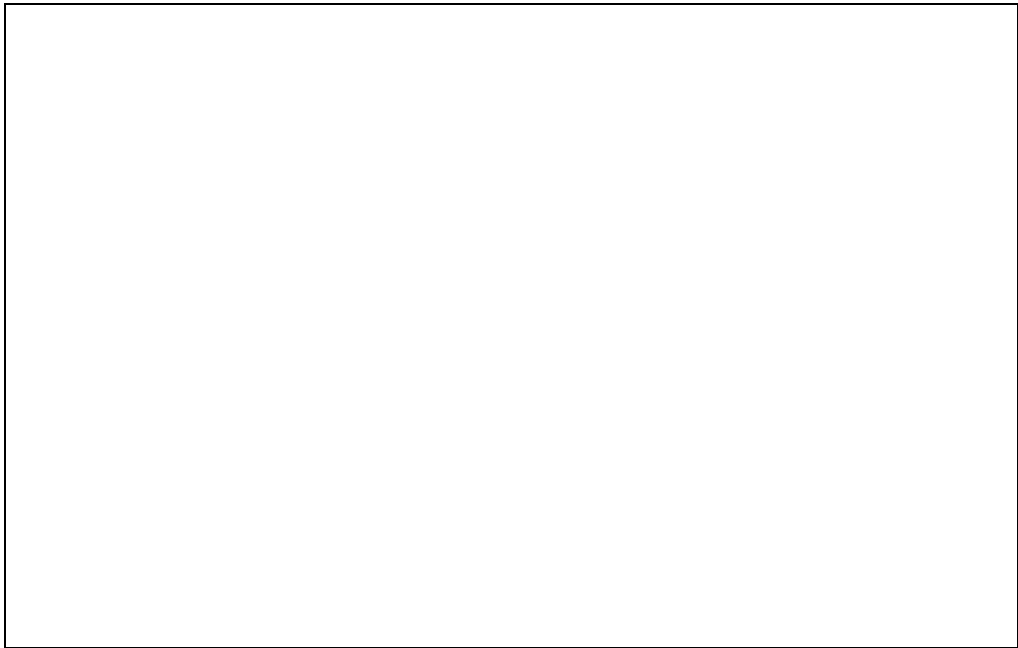
- el volumen del neumático se mantiene constante
 - la rueda y el gas están siempre en equilibrio térmico
 - el calor específico del aire a volumen constante es $C_v = 717,7$ J/°K kg
 - la densidad media del aire es 1.19 Kg/m³
 - la masa de la rueda es $M_r = 14,2$ kg
 - la capacidad calorífica específica media de la rueda es $C_r = 1000$ J/°K kg.
- g) Calcule el incremento de presión del aire dentro del neumático debido al incremento de la temperatura calculada en el punto anterior.
- h) Determine la máxima velocidad angular Ω_0 con la que se puede realizar el ensayo a la rueda sin que explote, teniendo presente que la máxima presión que soporta el neumático es 392 kPa.

Diámetro interno (D_1)	33,9 cm
Diámetro externo (D_2)	58,9 cm
Ancho (H)	18,5 cm
Espesor de la pared de caucho	2 cm
Momento de inercia total de la rueda	$1,012$ kg m ²

Tabla 1

Hoja de Soluciones Problema 2: Probando Neumáticos

a)



b)

c)

d)

e)

f)

g)

h)

Problema 3

Rascacielos peligroso.

Un nuevo rascacielos de Londres, conocido informalmente como el "Walkie-Talkie" ha sido acusado de reflejar la luz que fundió las piezas de un coche estacionado en una calle cercana. Este edificio de 37 pisos diseñado por Rafael Viñoly, un arquitecto nacido en Uruguay y educado en Argentina, tiene la forma esquematizada en la Figura 1 (vista lateral de la Foto A).

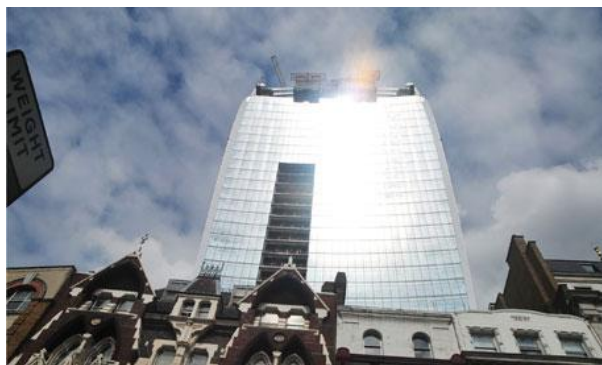


Foto A

Martin Lindsay aparcó su Jaguar XJ negro en el centro financiero de Londres, también conocido como la City de Londres, el jueves 29 de agosto por la tarde. Cuando regresó, unas dos horas más tarde, descubrió que algunas partes de su vehículo -incluyendo el espejo retrovisor y la insignia- se habían derretido.



Foto B



Foto C

La compañía de seguros de la empresa constructora, le ha encargado a Ud. que determine si estos hechos son factibles para responder a los reclamos económicos del damnificado.

Para ello los constructores le han facilitado el esquema de la Figura 1 que representa una vista lateral del edificio, las dimensiones relevantes y algunas características a tener en cuenta, a saber:

- En los primeros 50 m de altura el edificio es recto.
- En los últimos 80 metros, el perfil responden a una curvatura de radio $R = 325$ m
- A la hora que sucedió el hecho, los rayos solares inciden formando un ángulo de 50° respecto a la normal al suelo.

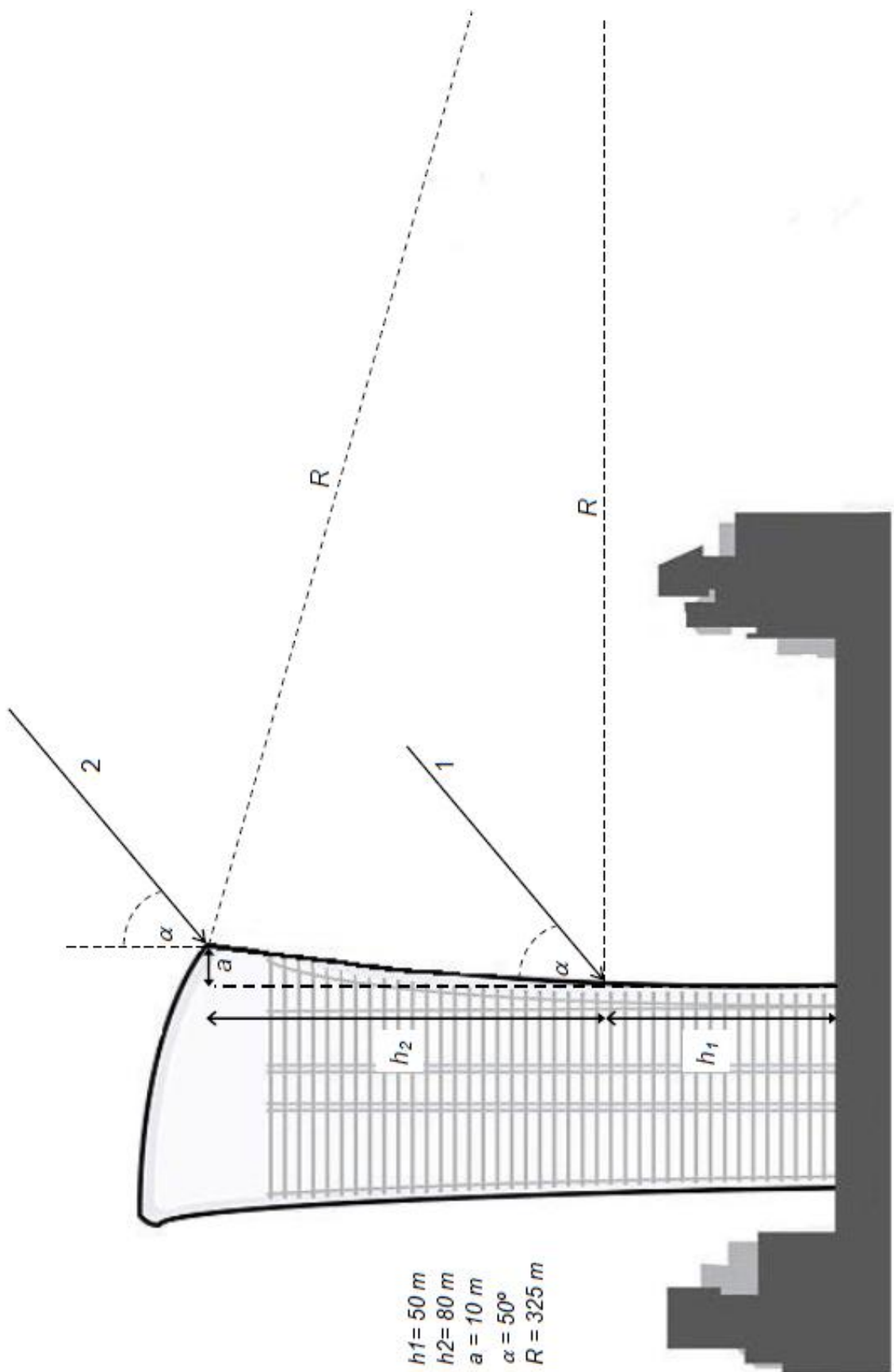
Para cumplir con la tarea, le sugerimos realizar las siguientes consignas:

- a) Calcule a qué distancia del pie del edificio incide el rayo 1 reflejado.

- b) Calcule el ángulo γ que forma la recta tangente a la superficie del edificio con la normal al suelo en el punto de incidencia del rayo 2 .
- c) Calcule a qué distancia del pie del edificio incide el rayo 2 reflejado.
- d) Calcule el largo de la región donde se concentra la luz reflejada en el piso.
- e) Sabiendo que la intensidad de radiación solar promedio que llega a la superficie de la Tierra es de 198 W/m^2 y que la reflectividad de la superficie del edificio es del 50%, calcule la intensidad de radiación en el sector iluminado.
- f) Sabiendo que el espejo retrovisor del auto está confeccionado con PBT, cuyas propiedades están dadas en la Tabla 1, y teniendo en cuenta que de acuerdo a la información brindada por Jaguar el volumen de PBT del espejo es $V = 0.0005 \text{ m}^3$ y que la superficie expuesta a la luz es $S = 0.02 \text{ m}^2$, calcule cuanto tiempo debe permanecer estacionado el auto para que comience a deformarse el espejo. (Suponga que la temperatura ambiente es de 20°C)

Densidad del PBT	1.31 g/cm^3
Coeficiente de absorción de radiación	70%
Temperatura de inicio de deformación	$90 \text{ }^\circ\text{C}$
Calor específico del PBT	$1500 \text{ J}/(^\circ\text{C kg})$

Tabla 1



$h_1 = 50$ m
 $h_2 = 80$ m
 $a = 10$ m
 $\alpha = 50^\circ$
 $R = 325$ m

Figura 1

Hoja de soluciones Problema 3: Rascacielos peligroso.

a)

b)

c)

d)

e)

f)

Instancia Nacional Prueba Experimental

Qué tubo!!!

Marco teórico

Un tubo de Kundt es un dispositivo que permite estudiar ondas de sonido estacionarias. El dispositivo consiste de un tubo cilíndrico, cerrado por ambos extremos. En uno de los extremos se ubica un emisor de ondas sonoras de una dada frecuencia (f) y en el otro extremo, un detector de las mismas. El funcionamiento del tubo de Kundt se basa en la generación de ondas estacionarias en la región comprendida entre el emisor y el detector. Las ondas estacionarias se producen al superponerse dos ondas de igual amplitud y frecuencia (f), que viajan paralelas al eje del tubo, una de ellas en el sentido emisor-detector, y la otra en el sentido opuesto (esto es, en el sentido detector-emisor). Esta última onda resulta de la reflexión de la primera onda (generada por el emisor) en el extremo del tubo donde se encuentra ubicado el detector.

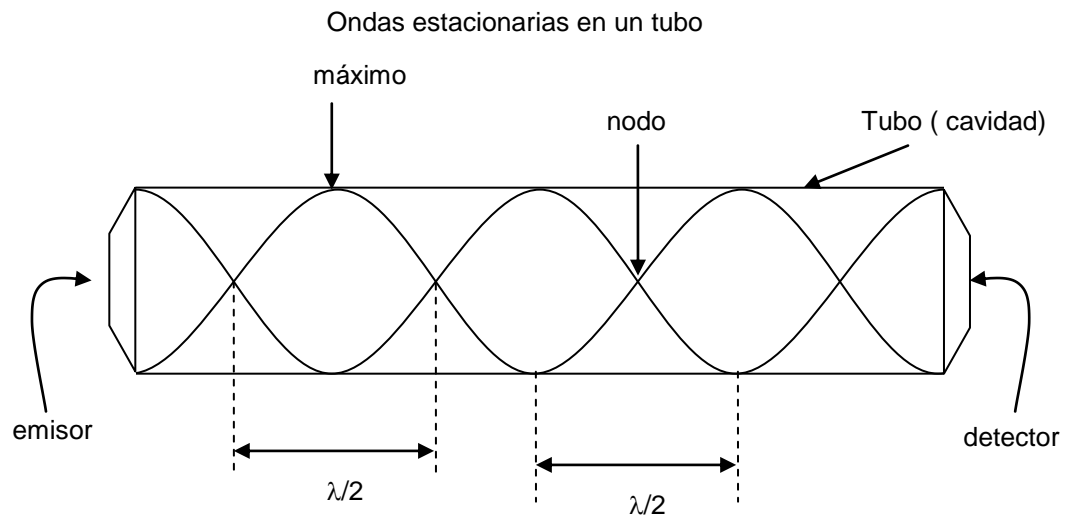


Figura 1

Las ondas estacionarias se caracterizan por la existencia de zonas donde la onda tiene amplitud máxima (máximos o vientres) y otras con amplitud cero (nodos), las cuales tienen posiciones constantes en el tiempo. El número de nodos y máximos que se establecen dentro del tubo de Kundt depende de la longitud del mismo y de la frecuencia de la onda emitida; sin embargo la velocidad de propagación (v) de la onda permanece constante. La distancia existente entre dos nodos consecutivos, o entre dos máximos consecutivos, siempre es igual a media longitud de onda.

La velocidad de propagación de la onda está relacionada con su longitud de onda λ y con su frecuencia f por la expresión:

$$v = f \lambda \quad [1]$$

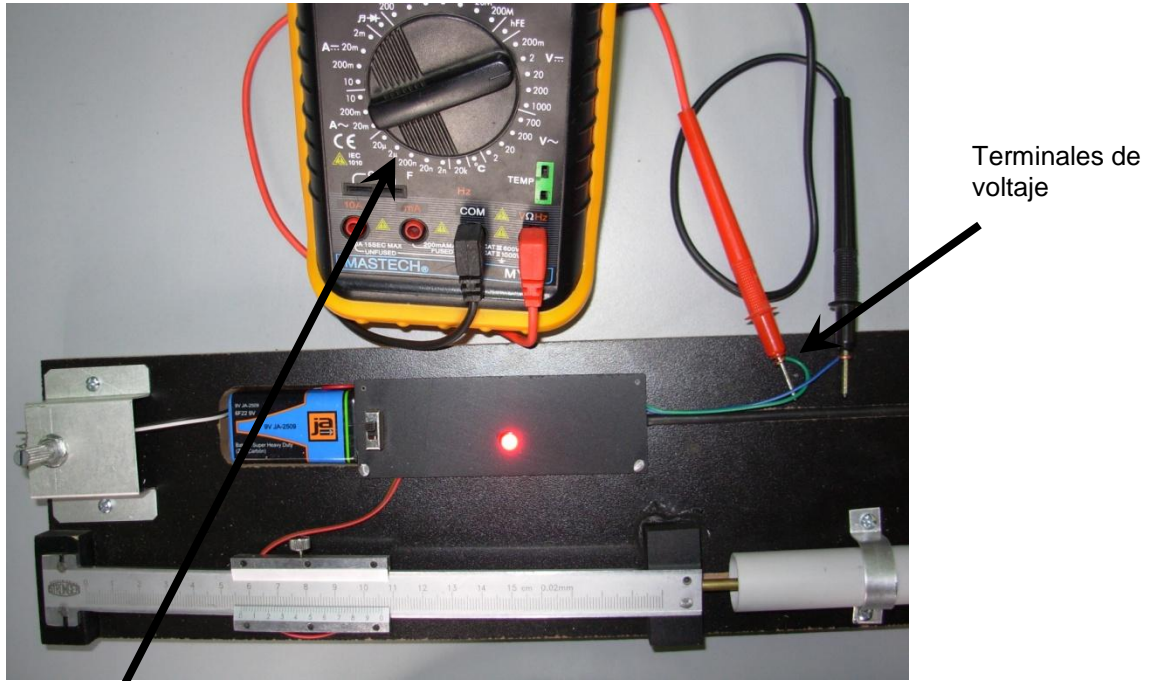
Entonces, en base a la ecuación [1], un tubo de Kundt permite realizar mediciones para determinar la velocidad del sonido.

Descripción del dispositivo de medición

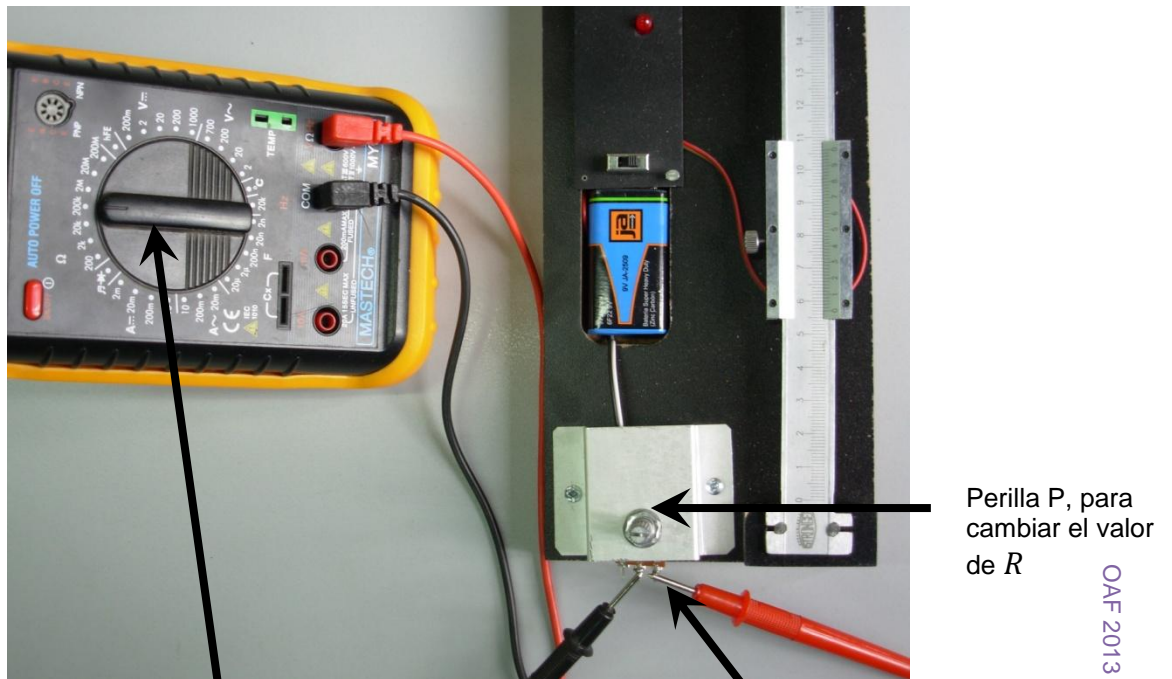
El tubo de Kundt que se presenta aquí consiste de una cavidad cilíndrica, cuyos extremos están limitados por un emisor y por un detector de ondas de ultrasonido. La posición del detector se encuentra fija mientras que el emisor se encuentra ubicado en un émbolo cuya posición puede variarse respecto del detector. Esto permite variar la distancia entre el emisor y el detector y, por lo tanto, la longitud de la cavidad cilíndrica. El émbolo está montado sobre un

calibre (Ver Uso Calibre en Apéndice), mediante el cual se puede medir la separación entre dos posiciones diferentes del mismo Ver Figura 2.

Figura 2



Multímetro posicionado para medir voltajes



Multímetro posicionado para medir R

Emisor

El emisor es un dispositivo que genera ondas sonoras en el rango de frecuencias entre 37000Hz y 42000Hz. El emisor se encuentra conectado a un circuito electrónico que permite variar la frecuencia f de la onda de ultrasonido. Se puede modificar la frecuencia de la onda generada variando el valor de la resistencia R que está conectada al mismo.

La relación entre la frecuencia y el valor de la resistencia R está dada por la siguiente fórmula:

$$f = \frac{1}{(b+aR)} \quad [2]$$

donde f está dada en kilo Hertz (kHz) y R en kilo Ohm ($k\Omega$).

Los valores de a y b son:

$$a = (1,10 \pm 0,08) 10^{-4} \frac{1}{kHz k\Omega}$$

$$b = (2,23 \pm 0,06) 10^{-2} \frac{1}{kHz}$$

Nota:

Recuerde que la letra k significa kilo = 1000 = 10^3

El valor de resistencia R se puede ajustar rotando la perilla P (ver Figura 2) y se puede determinar utilizando un multímetro colocado en función de óhmetro (Ω) (Ver Uso Multímetro en Apéndice)

Detector

Es un dispositivo que transforma la amplitud de ondas de ultrasonido a una señal de voltaje eléctrico continuo. Este voltaje se puede medir con un multímetro colocado en la función voltímetro (DCV) (Ver Uso Multímetro en Apéndice).

Funcionamiento

Al fijar un valor de la resistencia R conectada al generador de ondas, el emisor emite una onda de ultrasonido cuya frecuencia f está determinada por la ecuación [2], y se establecen ondas estacionarias en la cavidad cilíndrica. Modificando la posición del embolo se varía la longitud de la cavidad; cuando la distancia (L^*) que separa el emisor del detector es un número entero de semi-longitudes de onda se tiene la denominada condición de resonancia, esto es cuando:

$$L^* = n \frac{\lambda}{2} \quad (n \text{ es: } 1,2,3,4,\dots) \quad [3]$$

Por lo tanto, si se cambia L^* , cambia la cantidad de nodos y máximos en el interior de la cavidad. Esto produce que la señal registrada por el detector varíe, alcanzando valores máximo o mínimos, dependiendo si la posición del detector se corresponde a un máximo o a un nodo de la onda estacionaria.

Objetivo:

Determinar la velocidad del sonido.

Consignas**Parte 1**

- A- Determinar el rango de resistencias R que está asociado al rango de frecuencias (f) en las que trabaja el equipo. Usar la ecuación 2.
- B- Posicionar la perilla P de modo de leer en el multímetro un valor de R que esté dentro del rango de trabajo del equipo. Registrar este valor (R_1) con su correspondiente incerteza.
- C- Determinar, usando la ecuación 2, el valor de frecuencia f_1 asociado a R_1 . Registrar este valor (f_1). con su correspondiente incerteza.
- D- Repetir el procedimiento anterior para otros dos valores de resistencia R_2 y R_3 . Registrar estos valores y los valores de frecuencia f_2 y f_3 correspondientes

Parte 2

- E- Posicionar la perilla P de modo de leer en el multímetro uno de los valores de R elegidos (R_1).
- F- Determinar la posición de un nodo, registrar esta posición.
- G- Mover el émbolo y determinar el desplazamiento L del emisor correspondiente a detectar 5 nodos consecutivos de la cavidad cilíndrica.
- H- Determinar la longitud de onda.
- I- Calcular la velocidad del sonido.

Nota:

- Para realizar las mediciones de voltaje, conecte los cables de tal manera de obtener una lectura positiva en el display.
- Los nodos están asociados a valores absolutos mínimos de voltaje; estos valores no necesariamente son nulos y tampoco son todos iguales.
- Los valores de voltaje pueden verse afectados por el contacto del operador con el equipo, para que el dato de voltaje sea más confiable no se debe tocar el equipo al registrar dicho valor.

Parte 3

- J- Posicionar la perilla P de modo de leer en el multímetro otro de los valores de R elegido (R_2).
- K- Ubicar el emisor en una posición correspondiente a un nodo y registrar esta posición como posición inicial.
- L- Desplazar el emisor de la posición inicial una distancia que se corresponda al siguiente nodo, registrar esta posición. Desplazar nuevamente el embolo hasta el siguiente nodo y registrar esta posición. Realizar este procedimiento al menos 7 veces, esto es desplazar el embolo para encontrar la posición de 7 nodos consecutivos y registrarlas.
- M- Graficar las posiciones registradas en función del número de nodos que se detectan al desplazar el emisor.
- N- Ajustar los puntos graficados mediante una recta.
- O- Determinar la pendiente de la recta y determinar la longitud de onda del sonido dentro del tubo.
- P- Calcular la velocidad del sonido.

Parte 4

- Q- Posicionar la perilla P de modo de leer en el multímetro el tercer valor de resistencia elegido (R_3).
- R- Medir la variación de la señal de voltaje en la salida del detector en función de la posición del émbolo. Realizar el muestreo con intervalos no

mayores a 0.5 mm para un rango no inferior a 20mm. Medir aproximadamente 40 valores.

- S- Hacer un grafico con los valores de voltaje medidos en función de las posiciones del émbolo.
- T- Determinar la longitud de onda utilizando el gráfico.
- U- Calcular la velocidad del sonido.

Parte 5

- V- Comparar los valores de la velocidad del sonido encontrados. Determinar si estos valores son distinguibles o indistinguibles.

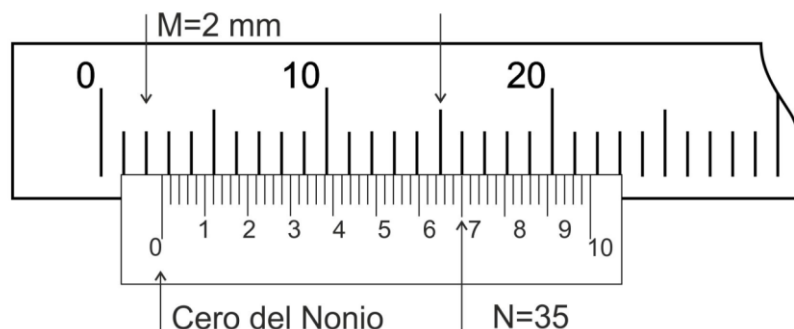
Apéndice:

Uso del calibre

El calibre provisto tiene una apreciación de 0,02mm.

A continuación se describe brevemente como realizar una lectura en el calibre.

- Ubicar el cero del nonio (vernier, reglita desplazable)
- Leer en la escala milimetrada la cantidad de milímetros que mejor aproxima (por debajo) a la posición del cero del nonio (M).
- Determinar la raya del nonio que "coincide" con una correspondiente a la escala milimetrada. Contar el número de divisiones (N) que hay entre el cero del nonio y la raya que "coincide".
- Informar la lectura ($M + N \cdot 0.02$) mm. En el ejemplo de la figura, la lectura es: $(2 + 35 \cdot 0.02) \text{mm} = 2,70 \text{mm}$.



Uso del multímetro

A continuación se describe brevemente como realizar una lectura de resistencia.

- Verificar que por la resistencia no esté circulando corriente (apagar la fuente).
- Ubicar la perilla indicadora en el mayor valor de la escala de ohmios (Ω).
- Conectar los cables provistos en los lugares de conexión indicados como **COM** (cable negro) y en **V Ω Hz** (cable rojo).
- Conectar o apoyar firmemente cada uno de los extremos libres de estos cables en los extremos de la resistencia desconocida.
- Leer el display. Cambiar la escala, de ser posible, para aumentar la precisión.

A continuación se describe brevemente como realizar una lectura de voltaje.

- Ubicar la perilla indicadora en el mayor valor de la escala de VCC (V--).
- Conectar los cables provistos en los lugares de conexión indicados como **COM** (cable negro) y en **V Ω Hz** (cable rojo).
- Conectar o apoyar firmemente cada uno de los extremos libres de estos cables en los terminales en donde se desea medir el voltaje.

Leer el display. Cambiar la escala, de ser posible, para aumentar la precisión.

Hoja de soluciones

Parte 1

A-

Rango de resistencias.

B-

Valor de R_1 con su correspondiente incerteza.

C-

Valor de f_1 con su correspondiente incerteza.

D-

Valores de resistencia R_2 y R_3 con sus correspondientes incertezas

Valores de frecuencia f_2 y f_3 con sus correspondientes incertezas

Parte 2

E- NO TIENE PUNTAJE.

F-

Posición de un nodo

G-

El desplazamiento L del emisor correspondiente a 5 nodos consecutivos de la cavidad cilíndrica.

H-

Longitud de onda.

I-

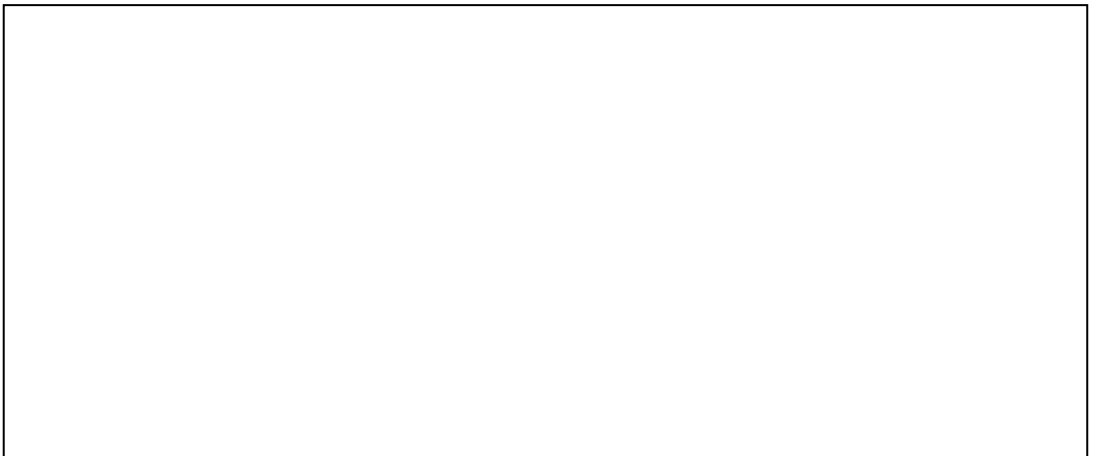
Valor de velocidad del sonido obtenido.

Parte 3

J- NO TIENE PUNTAJE.

K- 

Posición correspondiente a un nodo (posición inicial).

L- 


Posiciones de 7 nodos consecutivos.

M- Gráfico. HOJA MILIMETRADA

N- Ajustar los puntos graficados mediante una recta. HOJA MILIMETRADA.

O- 

Pendiente de la recta y longitud de onda del sonido

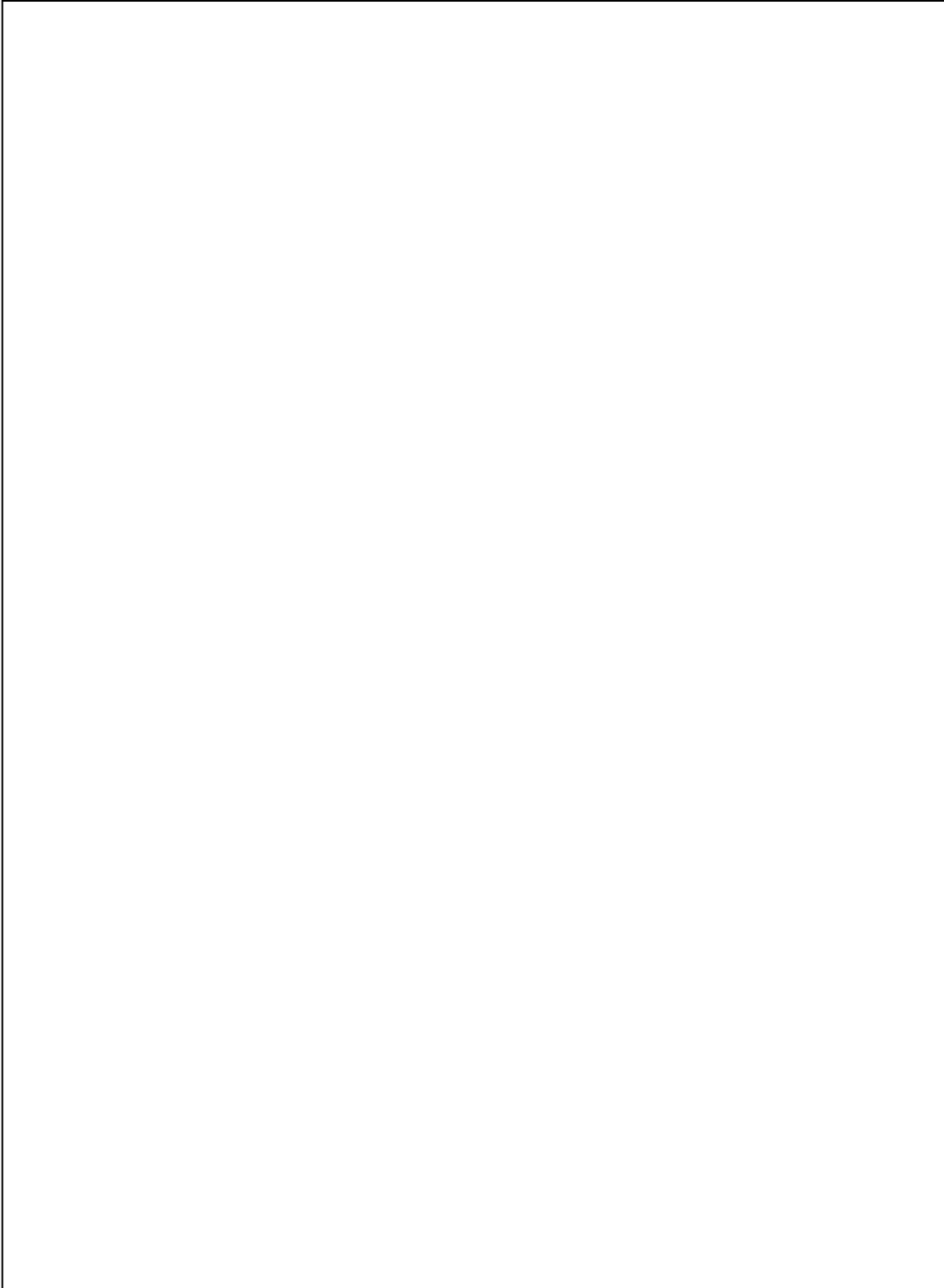
P- 

Valor de velocidad del sonido obtenido.

Parte 4

Q- NO TIENE PUNTAJE.

R- TABLA DE DATOS





S- Grafico HOJA MILIMETRADA

T-

Longitud de onda obtenida a partir del gráfico.

U-

Valor de velocidad del sonido obtenido.

Parte 5

V-

Son distinguibles o indistinguibles.