XXXIV Olimpiada Española de Física 24 de febrero de 2023

Fase Local, Universidad de Salamanca

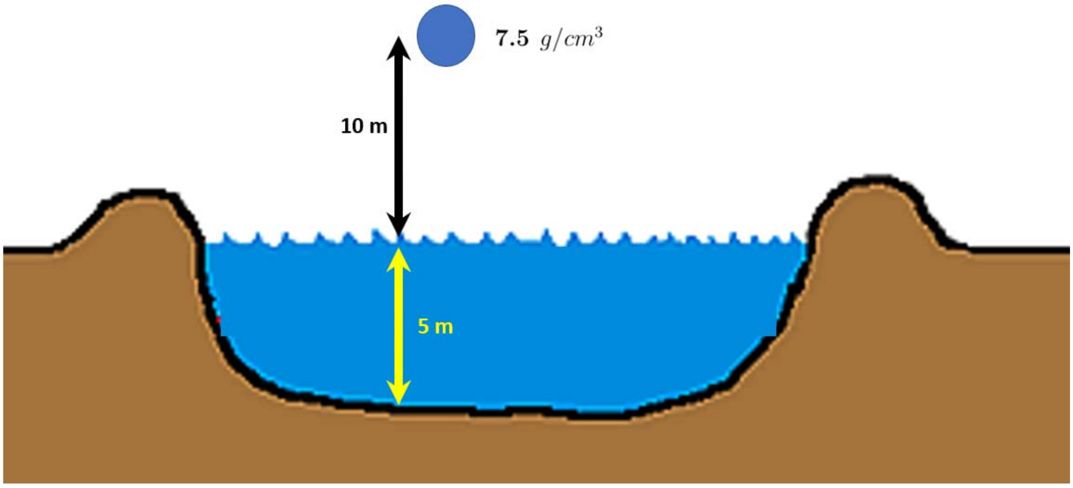
Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

Problema 1: Caída de una bola en un estanque (4.5 puntos)

Desde una altura de 10 m sobre la superficie de un estanque de agua con una profundidad de 5 m se deja caer una esfera de densidad de 7.5 g/cm^3. Despreciando el rozamiento y la perdida de energía en el choque, calcular:

Datos: densidad del agua: 1 g/cm^3, aceleración de la gravedad: 9.8 m/s^2



1. El tiempo que tarda en llegar desde la superficie hasta al fondo del estanque. (1 punto)

2. La energía cinética y potencial gravitatoria referida a la superficie del estanque por unidad de masa, antes de soltar la esfera y en el fondo del estanque. ¿La suma de ambas se conserva? (1 punto) ¿Por qué? (0.5 puntos)

3. La profundidad máxima que adquiriría otra esfera con densidad de 0.3 g/cm^3 en el mismo estanque. (1 punto)

4. Suponer que la esfera de 7.5 g/cm^3 se suelta en otro planeta con la misma masa que la tierra, pero con la mitad de radio. Calcular el tiempo de caída a la superficie del estanque desde 10 m de altura. (1 punto)

Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

Problema 2: Muelles en serie y en paralelo (3.5 puntos)

Muchos problemas de resistencias eléctricas se enfocan habitualmente utilizando las leyes de composición en serie y en paralelo, que permiten encontrar sistemas de una única resistencia equivalentes al original. En este problema estudiaremos desde este mismo punto de vista los sistemas mecánicos formados por muelles elásticos.

Trabajaremos en la aproximación de suponer que un muelle es un sistema perfectamente elástico que se comporta según la **ley de Hooke**:

$$F = -kx$$

donde F es la fuerza recuperadora, k es una constante positiva característica del muelle y x es su deformación. El signo menos refleja que ante una compresión el muelle experimenta una fuerza de tracción y viceversa. Un esquema de este comportamiento se muestra en la Figura 1.

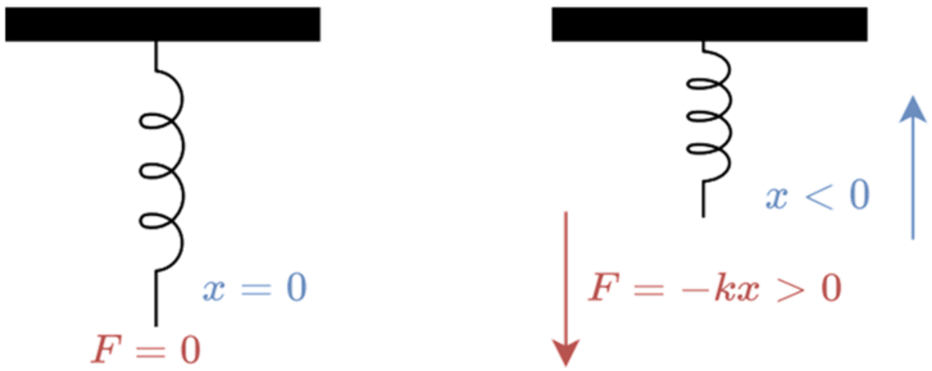


Figura 1. Ley de Hooke. Se define para un muelle y relaciona estados de compresión con fuerzas de tracción y viceversa.

Un conjunto de muelles elásticos es un sistema dinámico más complejo, pero se comporta con la misma ley:

$$F = -k_{\text{eq}}x$$

donde F es la fuerza que ejerce el sistema, x es el desplazamiento respecto de su posición de equilibrio y k_{eq} es la constante recuperadora equivalente que describe su comportamiento elástico.

El sistema más sencillo es el que consta de un único muelle, como se muestra en la Figura 1. La ventaja de este estudio es que podemos analizar sistemas complejos de muelles como si se tratara de un único muelle equivalente caracterizado por la constante k_{eq}.

Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

Veamos dos casos de interés:

1. En la Figura 2 se muestran dos muelles en paralelo (izquierda) y otros dos muelles en serie (derecha). Estudiar su comportamiento y obtener en cada caso la constante recuperadora elástica equivalente. (2 puntos)

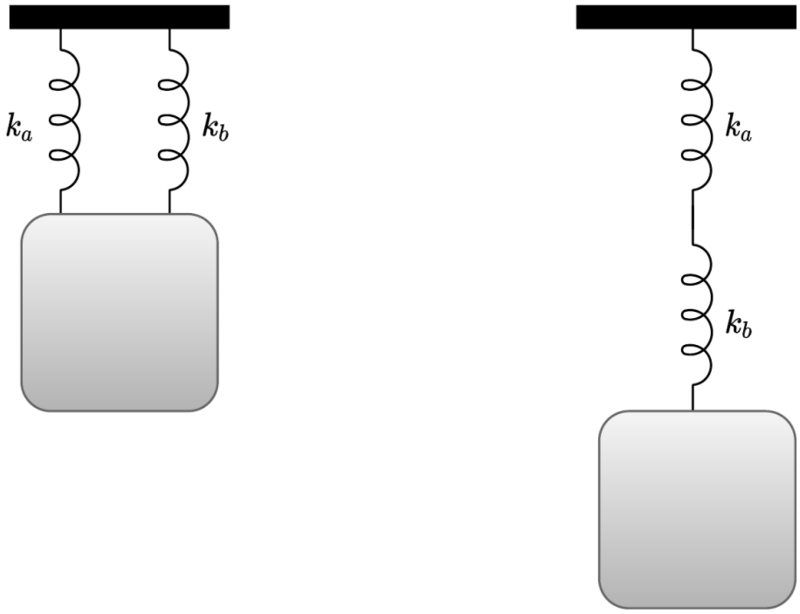


Figura 2. Muelles en paralelo (izquierda) y en serie (derecha).

2. En la Figura 3 se muestran dos sistemas de muelles, donde las líneas rectas horizontales representan placas rígidas indeformables de masa despreciable que solo se mueven verticalmente. ¿Cuál es la constante recuperadora elástica equivalente en cada caso? (1.0 punto) ¿En qué circunstancias son los dos sistemas equivalentes? (0.5 puntos)

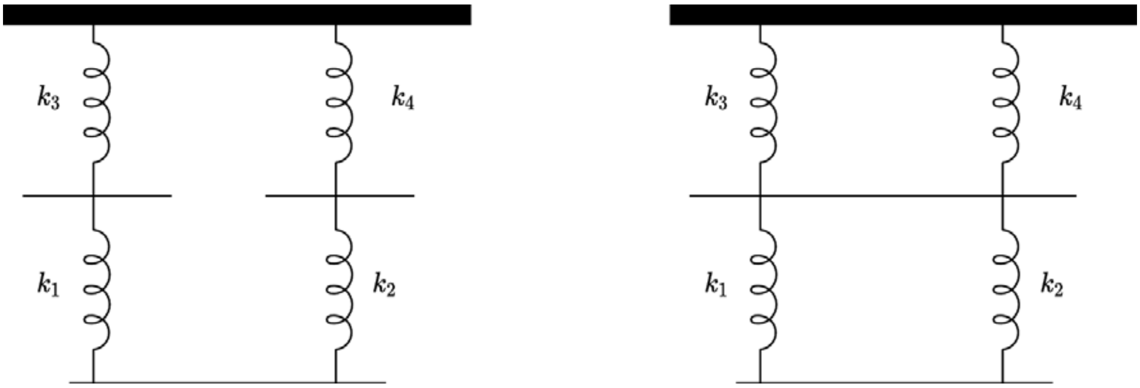


Figura 3. Dos sistemas de muelles cuya equivalencia queremos estudiar.

Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

Problema 3: Ondas estacionarias (2.0 puntos)

Objetivo

Determinar la velocidad de propagación del sonido en un gas a partir de las ondas estacionarias producidas en un tubo cerrado por un extremo.

Fundamento teórico

El sonido es una perturbación de carácter ondulatorio que impresiona el sentido del oído. Las ondas sonoras son ondas longitudinales. Esto significa que la dirección de vibración de las partículas coincide con la de propagación de la onda.

La *frecuencia*, f, de una onda, es un parámetro que describe el número de oscilaciones o ciclos que se producen en la unidad de tiempo. En el S.I., la unidad de frecuencia es el hercio, que representa una oscilación por segundo. Otro parámetro de una onda es la *longitud de onda*, λ, que es la distancia recorrida por esa onda en un ciclo. En la figura 1 se representa la longitud de onda de una onda sinusoidal, que corresponde a la distancia entre dos posiciones consecutivas que se encuentran en la misma fase de vibración.

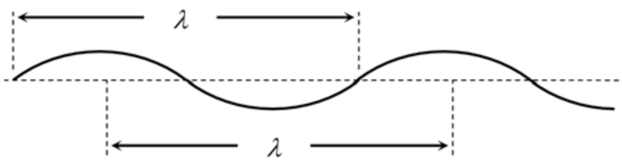


Figura 1

La frecuencia y la longitud de onda son magnitudes inversamente proporcionales, por lo que su producto constante es la *velocidad de propagación*, v, de la onda en un determinado medio.

$$v = \lambda \cdot f \qquad (1)$$

Las *ondas estacionarias* son un caso de interferencias entre ondas que se producen cuando dos movimientos ondulatorios de igual frecuencia se propagan en sentido contrario. En una onda estacionaria se localizan unas posiciones de máxima amplitud, que se denominan *vientres* (las amplitudes se suman) y otras posiciones de mínima amplitud, denominadas *nodos* (las amplitudes se restan). La distancia entre nodos o vientres consecutivos es igual a la semilongitud de onda, $\lambda/2$ (figura 2).

Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

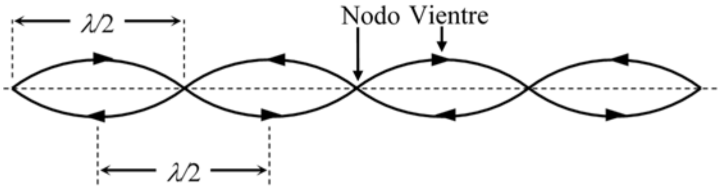


Figura 2.

Si ante un tubo abierto por un extremo se produce un sonido de determinada frecuencia por medio de un altavoz conectado a un generador de frecuencias, el sonido llega al extremo cerrado y se refleja. La onda incidente y la reflejada crean una onda estacionaria, de modo que en el extremo cerrado se produce un nodo y cerca del extremo abierto hay un vientre (figura 3).

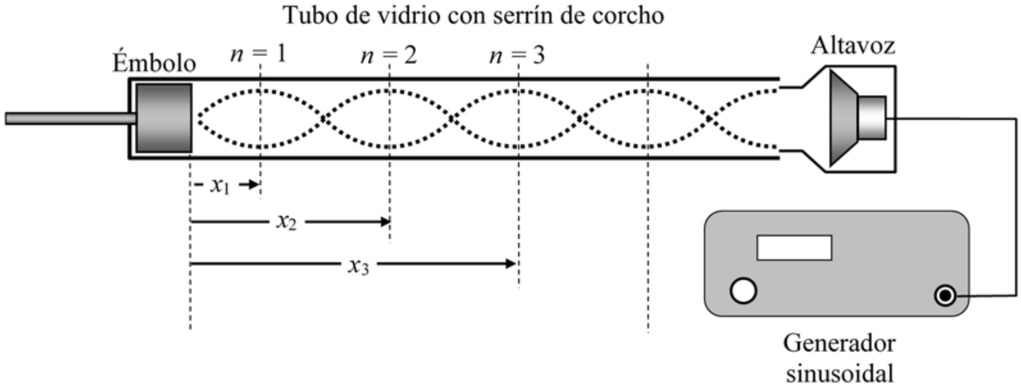


Figura 3.

Si el tubo tiene una longitud adecuada, se crea una sucesión de nodos y vientres que pueden hacerse visibles poniendo, por ejemplo, serrín de corcho en su interior. El serrín adopta una estructura formada por un conjunto de "costillas"[i] en torno a cada uno de

---

i

los vientres[ii], que pueden caracterizarse como n = 1, n = 2, n = 3, etc., tomando como origen el extremo del émbolo.

Si se representan gráficamente las posiciones de los sucesivos vientres, x_n, en ordenadas, frente a los correspondientes órdenes, n, en abscisas, se obtiene una serie de puntos que pueden ajustarse a una línea recta. La pendiente de la recta es la semilongitud de onda, $\lambda/2$, del sonido a la frecuencia elegida en nuestro generador.

Una vez trazada la recta que mejor se ajusta a los datos experimentales, para determinar la pendiente pueden tomarse dos puntos de la recta, A y B, suficientemente separados (figura 4), cuyas coordenadas son A (x_{nA}, n_A) y B (x_{nB}, n_B). La pendiente de la recta es:

$$\text{pendiente} = \frac{\lambda}{2} = \frac{x_{nA} - x_{nB}}{n_A - n_B} \qquad (2)$$

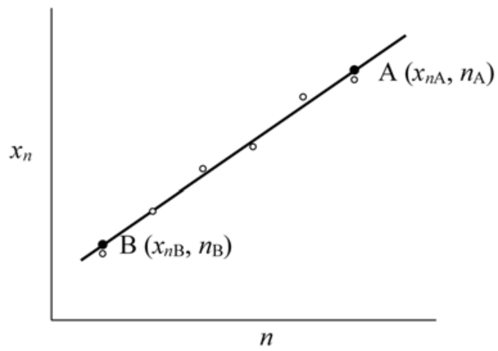
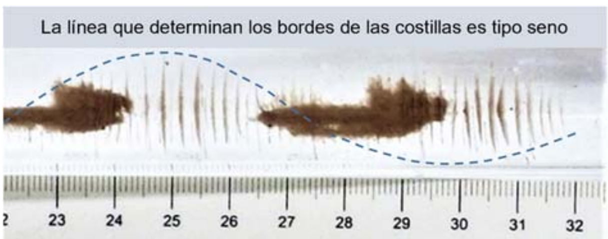


Figura 4.

Procedimiento experimental

Montado el dispositivo que se mostró en la figura 3, con el émbolo en el extremo del tubo, se pone en marcha el generador sinusoidal. Para una frecuencia de 3,13 × 10³ Hz el serrín de corcho que hay en el tubo muestra la estructura que aparece en la figura 5.

ii



XXXIV Olimpiada Española de Física 24 de febrero de 2023

Fase Local, Universidad de Salamanca

Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

Trabajando sobre esta fotografía, determina la velocidad del sonido en el gas contenido en el tubo, siguiendo los siguientes pasos:

1. **Con ayuda de la regla que se ha fijado al tubo (las divisiones más pequeñas son de un milímetro), mide de la forma más cuidadosa posible la posición que puede asignarse a cada uno de los vientres de la onda estacionaria. Traslada las posiciones a una tabla como la que se muestra. (0.25 puntos)**

n	x_n / cm
1	
2	
.	

2. **Representa gráficamente los valores de x_n (en ordenadas) frente a los de n (en abscisas) y traza la recta que mejor se ajusta a los puntos experimentales.**

   (0.75 puntos)

3. **A partir de los dos puntos de la recta que hayas elegido y aplicando la expresión (2) halla el valor de la pendiente de la recta y la longitud de onda. (0.75 puntos)**

4. **Con el valor de la longitud de onda que has determinado y sabiendo la frecuencia del sonido que se ha producido mediante el generador sinusoidal, ($3{,}13 \times 10^3$ Hz) determina a través de la ecuación (1) la velocidad de propagación del sonido en ese gas. (0.25 puntos)**

Nombre y apellidos:

Centro: Curso:

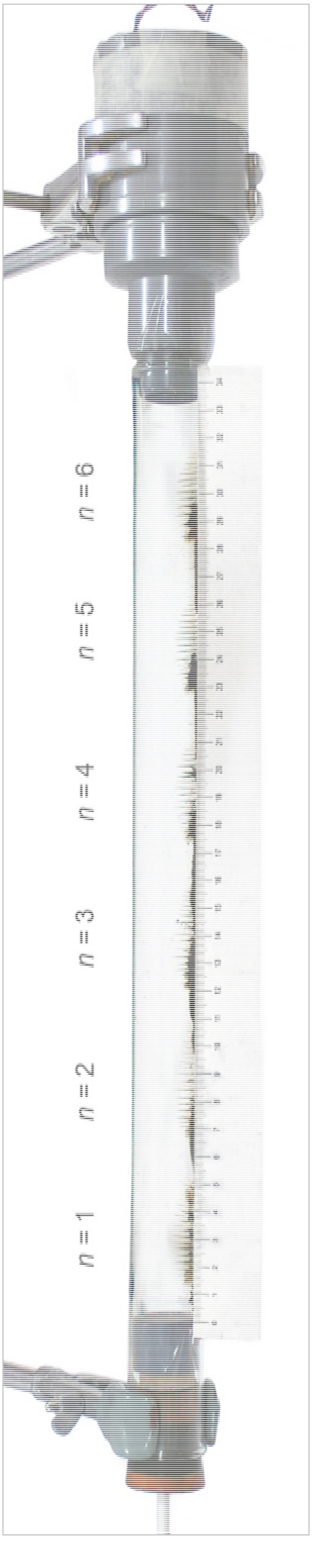


Figura 5