Ondas transversales en cuerda sometida a presión

Juan Ammerman Yebra
Grupo M1
Grado en física

10 de febrero de 2017

1. Velocidad de propagación

El objetivo de esta primera parte era obtener la velocidad de propagación del aire. Para ello dispusimos de un osciloscopio del cual obteníamos el período de la onda(T) y después mediante una regla medíamos la distancia entre nodos para obtener la longitud de onda(λ). La incertidumbre del período la determinamos variando la frecuencia del modo hasta que el hilo ya no oscilaba en el modo en el que estábamos, de esta manera obteníamos un intervalo de períodos entre el cual se ha de encontrar el correcto. En el caso de la incertidumbre de la longitud de onda viene dada por:

$$\delta(\lambda) = 0,005 \text{ mm} \qquad \rightarrow \qquad u(\lambda) = \frac{0,005}{\sqrt{12}} = 0,0014 \text{ mm}$$

dónde hemos tenido en cuenta que sigue una distribución rectangular. En el caso del modo fundamental la incertidumbre es el doble puesto que tenemos que multiplicar la medida por dos para obtener la longitud de onda. Además, cabe tener en cuenta que, para alguna otra medida la variación de la longitud de onda se aumentó debido a que en algunos casos nos fue imposible definir perfectamente la posición de los nodos.

A continuación se muestran los datos recogidos para las distintas tensiones a las que sometimos el hilo de cobre junto con el período de la onda generada y su longitud de onda.

T_1=2,0090±0,0028 N			
T(s)	u(T)(s)	λ(m)	u(λ)(m)
0,04370	0,00010	3,3720	0,0028
0,02150	0,00050	1,6600	0,0014
0,01430	0,00010	1,1000	0,0014
0,01010	0,00030	0,8600	0,0023

T_2=2,9106±0,0028 N			
T(s)	u(T)(s)	λ(m)	u(λ)(m)
0,03650	0,00050	3,3720	0,0028
0,01800	0,00030	1,6800	0,0014
0,01180	0,00020	1,1200	0,0014
0,00890	0,00010	0,8330	0,0014
0,00710	0,00010	0,6600	0,0014

T_3=4,9196±0,0028 N			
T(s)	u(T)(s)	λ(m)	u(λ)(m)
0,02800	0,00020	3,3720	0,0028
0,01400	0,00020	1,6800	0,0014
0,00930	0,00010	1,1130	0,0014
0,00690	0,00010	0,8200	0,0014

T_4=6,9482±0,0028			
T(s)	u(T)(s)	λ(m)	u(λ)(m)
0,02300	0,00050	3,3720	0,0028
0,01160	0,00020	1,6860	0,0014
0,00770	0,00010	1,1200	0,0029
0,00580	0,00020	0,8400	0,0014

Para la obtención de la velocidad de propagación haremos las gráficas de período(T) frente a la longitud de onda(λ) para obtener a partir de un ajuste por mínimos cuadrados la pendiente de la recta y=bx, donde b será igual a la inversa de la velocidad de propagación(c). La razón de hacer esta gráfica y no la opuesta(invirtiendo los ejes de coordenadas), es que la incertidumbre relativa del período es mayor a la de la longitud de onda, por tanto, haciendo la contraria estaríamos despreciando una mayor incertidumbre que nos llevaría a obtener un valor de la velocidad más preciso de lo que realmente es.

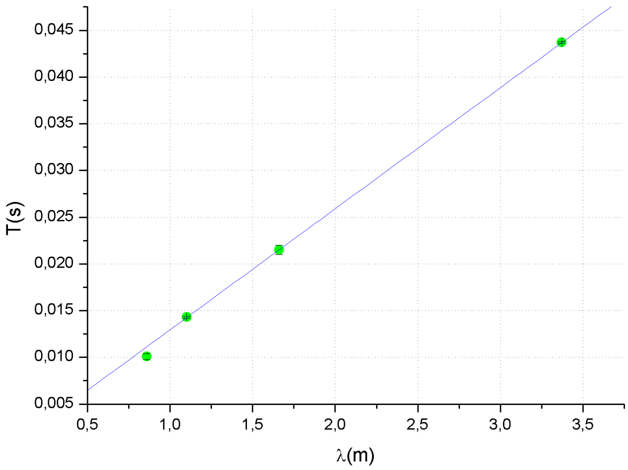

Figura 1: Gráfica T(s)-λ(m) y ajuste lineal a la recta y=bx para una tensión de T=2,0090 N

$$b_1 = 1,2960 \cdot 10^{-2} \text{ s/m} \qquad u(b_1) = 0,0028 \cdot 10^{-2} \text{ s/m} \qquad r^2 = 0,99992$$

$$c_1 = 76,94 \text{ m/s} \qquad u(c_1) = \frac{1}{b_1^2} u(b_1) = 0,35 \text{ m/s}$$

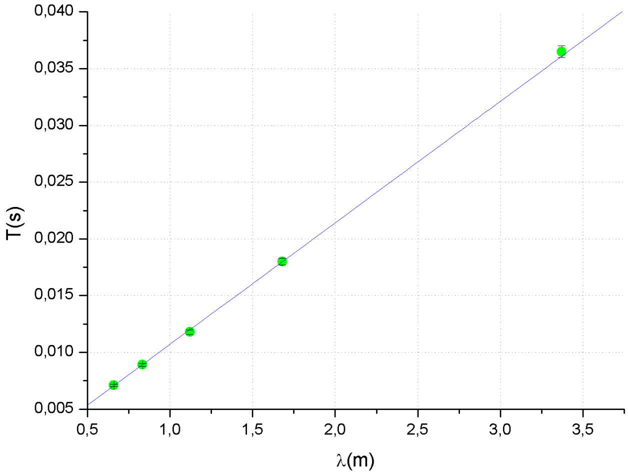

Figura 2: Gráfica T(s)-λ(m) y ajuste lineal a la recta y=bx para una tensión de T=2,9106 N

$$b_2 = 1,071 \cdot 10^{-2} \text{ s/m} \qquad u(b_2) = 0,0067 \cdot 10^{-2} \text{ s/m} \qquad r^2 = 0,99992$$

$$c_2 = 93,36 \text{ m/s} \qquad u(c_2) = 0,59 \text{ m/s}$$

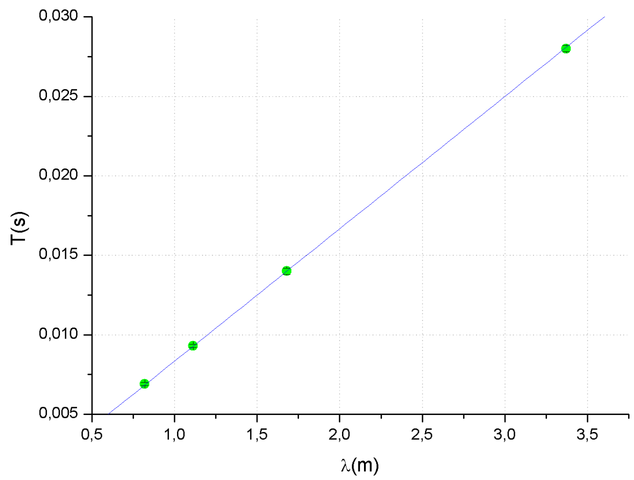

Figura 3: Gráfica T(s)-λ(m) y ajuste lineal a la recta y=bx para una tensión de T=4,9196 N

$$b_3 = 8,300 \cdot 10^{-3} \text{ s/m} \qquad u(b_3) = 0,043 \cdot 10^{-3} \text{ s/m} \qquad r^2 = 0,99997$$

$$c_3 = 120,00 \text{ m/s} \qquad u(c_3) = 0,62 \text{ m/s}$$

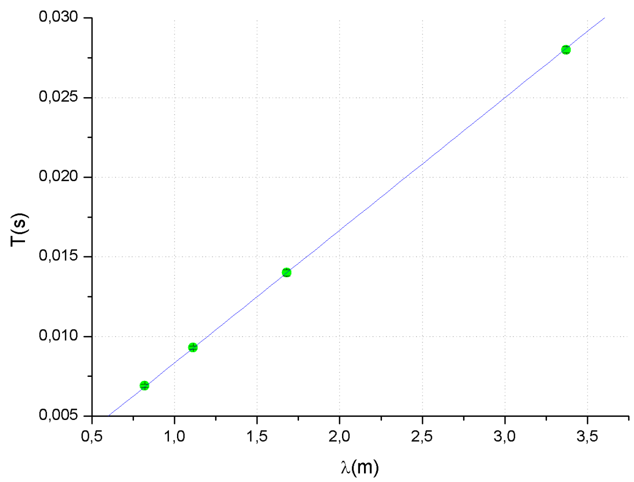

Figura 4: Gráfica T(s)-λ(m) y ajuste lineal a la recta y=bx para una tensión de T=6,9482 N

$$b_4 = 6,870 \cdot 10^{-3} \text{ s/m} \qquad u(b_4) = 0,062 \cdot 10^{-3} \text{ s/m} \qquad r^2 = 0,99998$$

$$c_4 = 145,6 \text{ m/s} \qquad u(c_4) = 1,3 \text{ m/s}$$

2. Determinación de la densidad lineal del hilo de cobre

Para esta parte nos valdremos de los datos mostrados anteriormente. Mediante la siguiente relación obtendremos la densidad lineal:

$$c^2 = \frac{1}{\rho_l} T$$

donde c^2 es la velocidad de propagación al cuadrado, ρ_l la densidad lineal y T la tensión. Realizaremos un ajuste por mínimos cuadrados a una recta y=bx dónde identificaremos la pendiente(b) con $\frac{1}{\rho_l}$. En la tabla siguiente se muestran los datos necesarios para la elaboración de la gráfica:

T(N)	$c^{-1}(m^{-1}s)$	$u(c^{-1})(m^{-1}s)$	$c(ms^{-1})$	$u(c)(ms^{-1})$	$c^2(m^2s^{-2})$	$u(c^2)(m^2s^{-2})$
2,009	0,012960	0,000028	76,94	0,35	5920	55
2,9106	0,010710	0,000067	93,36	0,59	8720	110
4,9196	0,008330	0,000043	120,00	0,62	14400	150
6,9482	0,006870	0,000062	145,6	1,3	21190	380

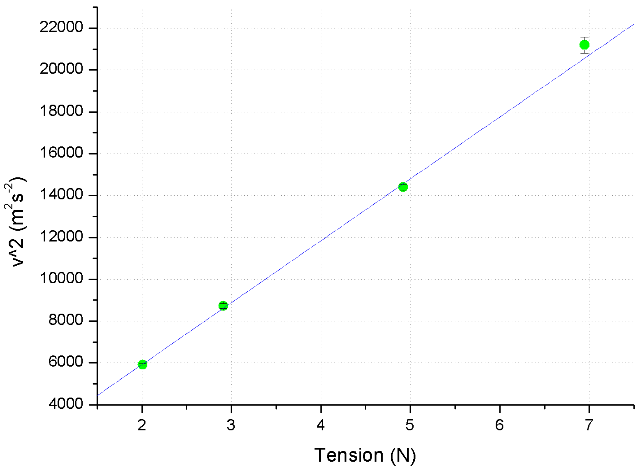

Figura 5: Gráfica c^2-T(N) y ajuste lineal a la recta y=bx

$$b = 2960 \text{ m/kg} \qquad u(b) = 17 \text{ m/kg} \qquad r^2 = 0,99978$$

$$\rho_l = \frac{1}{b} = \frac{1}{2960} = 3,37837 \cdot 10^{-4} \quad kg \cdot m^{-1}$$

$$u(\rho_l) = \frac{1}{b^2} u(b) = \frac{1}{8761600} 17 = 0,01940 \cdot 10^{-4} \quad kg \cdot m^{-1}$$

$$\rho_l = 3,378 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot \text{ m}^{-1} \qquad u(\rho_l) = 0,019 \cdot 10^{-4} \text{ kg}\cdot \text{ m}^{-1}$$

3. Determinación del diámetro del hilo de cobre

A partir de la densidad lineal del hilo de cobre que acabamos de determinar y la densidad del cobre podemos obtener la sección del hilo(S) de la siguiente forma:

$$\frac{\rho_l}{\rho} = \frac{m}{l}\frac{l \cdot S}{m} = S$$

Si la densidad del cobre tenemos que es ρ=8,96 g/cm^3=8960 kg/m^3(al ser un dato proporcionado en el guión lo tomaremos como una constante a la hora de hacer el tratamiento de incertidumbres), entonces la sección obtenida es:

$$S = \frac{3,378 \cdot 10^{-4}}{8960} = 3,7700892 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$u(S) = \frac{1}{\rho}u(\rho_l) = \frac{1}{8960}0,019 \cdot 10^{-4} = 0,0212053 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

$$S = 3,770 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2 \qquad u(S) = 0,021 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$$

Suponiendo que el cable tiene una sección circular, entonces el diámetro del hilo de cobre será:

$$d = 2\sqrt{\frac{S}{\pi}} = 2\sqrt{\frac{3,770 \cdot 10^{-8}}{\pi}} = 2,190916 \cdot 10^{-4} m$$

$$u(d) = \frac{1}{\pi\sqrt{\frac{S}{\pi}}}u(S) = \frac{2}{\pi \cdot d}u(S) = \frac{2}{\pi \cdot 2,190916 \cdot 10^{-4}}0,021 \cdot 10^{-8} = 0,006102 \cdot 10^{-4} m$$

$$d = 2,1909 \cdot 10^{-4} \text{ m} \qquad u(S) = 0,0061 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

Las principales fuentes de error que identificamos, a parte de las provenientes de los aparatos de medida, fueron:

1. La imposibilidad de conseguir un modo fundamental puro, debido a que el hilo en algunas ocasiones chocaba al oscilar con el imán y que para tensiones bajas las pesas atadas al hilo se movían ligeramente.

2. La determinación de la longitud de onda no era exacta del todo debido a que no podíamos colocar la regla justa al lado del hilo(ya que si no el hilo oscilante chocaría con ella) y los nodos algunas veces no estaban perfectamente definidos.