

## Movimiento ondulatorio

### Ejercicios propuestos

1. En cierto laboratorio de física se realizaron mediciones de longitud de onda ( $\lambda$ ) y frecuencia ( $f$ ), los resultados experimentales se muestran en la tabla. Con base en ello determine:
  - a) El mejor estimador de la rapidez de la onda.
  - b) El modelo matemático lineal de dicho experimento. Considere la longitud de onda como variable dependiente.
  - c) Si la rapidez obtenida es la de una onda sonora, ¿en qué medio se propaga? (aproximadamente).
  - d) El valor de la longitud de onda para una frecuencia de 60 Hz.

f [Hz]	$\lambda$ [m]
340	1.0
170	2.0
113	3.0
85	4.0
68	5.0
56	6.0
48	7.0
42	8.0
37	9.0
34	10.0

Medio	v [m/s]
agua	1493
aire	343
hierro	5130
goma	54

2. La cuerda más corta de un piano mide 5.1 [cm] y genera una frecuencia de 4 186 [Hz] al pulsarse. La cuerda más larga del piano mide 1.98 [m] y genera 32.8 [Hz]. Calcule la relación de la densidad lineal de la cuerda larga entre la densidad lineal de la cuerda corta. La tensión en cada cuerda es la misma.
3. A una cuerda elástica e inextensible se le ata en uno de sus extremos y en el otro se le aplica una tensión. Dicha cuerda tiene una masa de 1.25 [kg] y una longitud de 5 [m] y al excitar uno de sus extremos con perturbaciones sinusoidales de la forma  $y(x,t) = 0.03 \sin(\omega t - kx)$  [m] se obtuvieron los datos de frecuencia y longitud de onda mostradas en la tabla. Determine, en el SI:

- a) La rapidez de propagación de la onda en la cuerda.
- b) La tensión que se aplicó a la cuerda.
- c) Si  $y = 0.03 \sin(120\pi t - 8\pi x)$  [m], determine la amplitud, la frecuencia angular y la longitud de onda de la perturbación.

f [Hz]	$\lambda$ [m]
5	3.0
10	1.5
15	1.0
20	0.75
25	0.60
30	0.50

4. En un enlace vía satélite, entre la cd. A y la cd. B, ambas al nivel del mar, se obtuvieron las mediciones de la tabla. Sabiendo que las ciudades distan 1,000 [km] entre sí y que el satélite está situado a 35 788 [km] sobre el nivel del mar; determine:
- El modelo matemático lineal que relacione la longitud de onda de la señal con su frecuencia. Elija a  $\lambda$  como la ordenada.
  - El significado físico de la pendiente.
  - La rapidez (experimental) de propagación de la señal.
  - El tiempo que tarda la señal en llegar de la cd. A a la B, si el satélite se encuentra en medio de las dos ciudades y la señal se propaga con rapidez constante en la atmósfera. Desprecie el efecto de curvatura de la Tierra y considere que la rapidez de la señal es constante.

$\lambda$ [m]	f [GHz]
0.30	1
0.25	1.1
0.21	1.3
0.18	1.4

5. En una línea de transmisión viaja un mensaje analógico. Se tiene la información que se muestra en la tabla. Con base en ello, determine:
- La rapidez de propagación con la que viaja dicho mensaje.
  - ¿Cuántos ciclos en cada segundo se tendrían si la longitud de onda fuese  $\lambda = 150$  [Å]?
  - ¿Cuál sería la distancia de cresta a cresta si el periodo fuese de 0.01 [μs]?

$\lambda$ [Å]	T [μs]	f [MHz]
200	0.0500	20
100	0.0250	40
66	0.0166	60
50	0.0125	80
40	0.0100	100
33	0.0083	120

$$1 \text{ [Å]} = 1 \times 10^{-10} \text{ [m]}$$

6. Si una cuerda del violín, que mide 33 cm, se pulsa, genera la nota “la” cuya frecuencia es de 440 Hz.
- ¿A qué distancia del puente debe pisarse la cuerda para generar la nota “mi”, cuya frecuencia es de 659 Hz ?
  - Si la tensión de ésta fuese 55 N, ¿cuál sería su masa, en [mg]?

7. En el laboratorio de Física Experimental se realizó un experimento de ondas generando un patrón de ondas estacionarias y se obtuvo la tabla que se muestra. Si la distancia entre los puntos de apoyo de la cuerda fue 2 [m], se utilizó una masa de 200 [g] para tensar dicha cuerda y  $g = 9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$  determine:
- El modelo matemático lineal que representa el fenómeno estudiado. Considere a la longitud de onda ( $\lambda$ ) en el eje de las abscisas y que la ordenada al origen es despreciable.
  - La rapidez de propagación de la onda a partir del modelo matemático anterior.
  - La densidad lineal de la cuerda y su expresión dimensional en el SI.
  - Si la tensión aumenta al cuádruple de la indicada ¿cómo se modificaría la rapidez de propagación de la onda?

n (modo de vibración)	f [Hz]
1	4.8
2	11.2
3	15.0
4	20.6
5	26.7
6	29.8

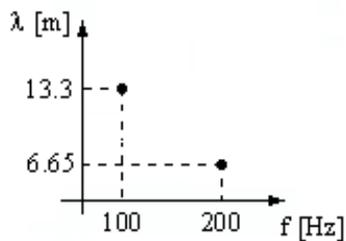
8. Una cuerda inextensible se ata en uno de sus extremos. Se genera una onda transversal con una frecuencia de 10 ciclos en cada segundo. Si la longitud de onda medida fue 1.25 [m] determine:
- La tensión que se le aplicó a la cuerda, si ésta tiene una longitud de 2 [m] y su masa es de 25 [mg], expresándola en dinas, si se sabe que  $1 \text{ [N]} = 10^5 \text{ [dinas]}$ .
  - La frecuencia angular de la señal y su expresión dimensional en el SI.
9. Estudiando en la Ciudad de México la propagación de ondas transversales en una cuerda tensa, cuya densidad es  $318 \text{ [kg/m}^3\text{]}$  y el diámetro de su sección transversal es 4 [mm], se generaron varios patrones de onda estacionaria y se midieron los valores de frecuencia (f) para varios modos de vibración (n) y los datos registrados se presentan en la tabla. Considerando que para el primer modo de vibración la distancia entre nodos fue de 3 [m], determine:
- El modelo matemático lineal que relaciona las variables período y longitud de onda. Considere la longitud de onda ( $\lambda$ ) en el eje de las abscisas.
  - La rapidez de propagación de las ondas.
  - La densidad lineal de la cuerda utilizada considerando que en el modo de vibración unitario se utilizó toda la cuerda entre los puntos de apoyo.
  - El valor de la masa que se utilizó para tensar la cuerda.

n	f [mHz]
1	10 100

2	19 800
3	29 900
4	41 000
5	51 500
6	59 000

10. En un laboratorio se transmitió una onda sonora a través de un gas. Con las mediciones realizadas se obtuvo la gráfica que se muestra. Con base en ello determine:

Gas (a 20 °C)	rapidez del sonido [m/s]
aire	344
helio	999
hidrógeno	1330



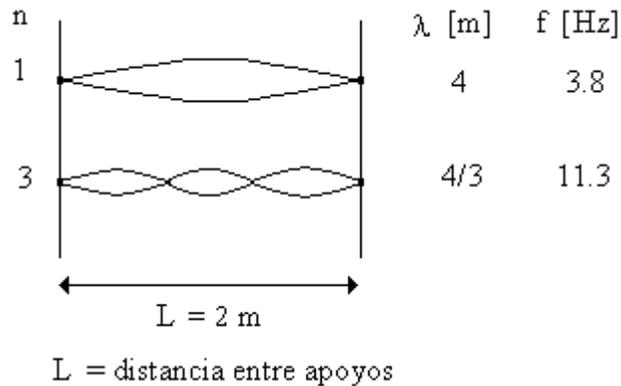
- El modelo matemático lineal que relaciona las variables del experimento. Considere que la ordenada al origen es despreciable.
- El significado físico de la pendiente del modelo anterior y su expresión dimensional en el SI.
- De acuerdo con la tabla que se muestra, identifique el gas utilizado en el experimento.
- A partir del modelo obtenido, la longitud de onda que se tendría para una frecuencia de 300 [Hz].
- Suponiendo que el gas utilizado hubiese sido aire, ¿qué longitud de onda se tendría para un periodo  $\tau = 10$  [ms]?

11. En una cuerda, fija en uno de sus extremos, se generaron varios patrones de onda estacionarios. Se dejó fija la frecuencia y cambiando las masas se varió la rapidez de propagación de la onda obteniéndose la tabla que se muestra. Con base en ello, encuentre, en el SI:

- El modelo matemático lineal que relaciona a las variables del experimento. Considere que la variable dependiente fue la longitud de onda.
- El periodo de la señal propagada.
- Si la rapidez de propagación de la onda fuese  $v = 25$  [m/s], ¿cuál sería la longitud de onda, la frecuencia, la frecuencia angular y el número de onda correspondientes?

v [m/s]	$\lambda$ [dm]
15	5.4
17	6
19	6.8
21	7.5

12. La cuerda de un instrumento musical se cambió por otra del mismo material, pero con un diámetro dos veces mayor que el original. ¿Cómo debe ser la tensión de la cuerda para que su frecuencia de vibración sea la misma que para la cuerda original?
13. Un alumno generó varios patrones de ondas estacionarias en el laboratorio de Física Experimental. La distancia entre apoyos que utilizó era 2 [m]. Varió la longitud de onda ( $\lambda$ ) y midió la frecuencia (f) correspondiente, parte de las mediciones se muestran en la figura. Sabiendo que la longitud de onda fue la variable independiente, determine en el SI:
- La rapidez de propagación de la onda.
  - El modelo matemático lineal que relaciona a las variables del experimento.
  - La densidad lineal de la cuerda si la tensión que se le aplicó fue 2.4 [N].
  - El porcentaje de error de exactitud si la rapidez teórica de la onda era 18 [m/s].



14. En un experimento de ondas se varió la frecuencia, se midió la longitud de onda ( $\lambda$ ) y se determinó el periodo ( $\tau$ ) correspondientes, obteniéndose la tabla que se muestra. Con base en ello, determine:
- El modelo matemático lineal que relaciona las variables del experimento, considere a la variable  $\lambda$  en el eje de las abscisas.
  - A partir del modelo del inciso anterior, la rapidez de propagación de la onda, la frecuencia angular y el número de onda para una longitud de onda de 0.35 [m].

$\lambda$ [m]	f [Hz]	$\tau$ [s]
0.2	14.28	0.07
0.3	10	0.1
0.4	7.69	0.13

15. En un experimento de movimiento ondulatorio se generaron varios patrones de ondas estacionarias con una cuerda que se tensó utilizando una masa  $M$ . Se varió la frecuencia y se midió la longitud de onda correspondiente obteniéndose la tabla que se muestra. Sabiendo que la aceleración gravitatoria del lugar era  $9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ , determine:
- a) La rapidez de propagación de la onda.
  - b) La longitud de la cuerda utilizada si la masa  $M$  era 1.2 veces la masa de la cuerda.

f [Hz]	7.5	8.1	9.2	10.5
$\lambda$ [cm]	50	45	40	35

## ***Respuestas de los ejercicios propuestos***

1. a)  $v = 335.6774$  [m/s]  
b)  $\lambda$  [m] =  $335.6774$  [m/s]  $\tau$  [s] +  $0.0257$  [m]  
c) aire  
d)  $\lambda = 5.6203$  [m]
2.  $\mu_2 / \mu_1 = 10.8059$  [1]
3. a)  $v = 15$  [m/s]  
b)  $T = 56.25$  [N]  
c)  $A = 0.03$  [m],  $\omega = 120\pi$  [rad/s],  $\lambda = 0.25$  [m]
4. a)  $\lambda$  [m] =  $(3.9511 \times 10^8$  [m/s] )  $\tau$  [s] -  $0.1$  [m]  
b)  $m = v$  (rapidez de propagación)  
c)  $v = 3.9511 \times 10^8$  [m/s]  
d)  $t = 181.17$  [ms]
5. a)  $v = 0.4003$  [m/s]  
b)  $f = 26.6867$  [MHz]  
c)  $\lambda = 4$  [nm]
6. a)  $d = 0.2203$  [m]  
b)  $m = 215.22$  [mg]
7. a)  $\tau$  [s] =  $0.0534$  [s/m]  $\lambda$  [m]  
b)  $v = 18.7266$  [m/s]  
c)  $\mu = 5.5776$  [g/m] ;  $\dim(\mu) = M L^{-1}$   
d) aumenta al doble.
8. a)  $T = 195.31$  [dinas]  
b)  $\omega = 20\pi$  [rad/s] ;  $\dim(\omega) = T^{-1}$
9. a)  $\tau$  [s] =  $0.0165$  [s/m]  $\lambda$  [m]  
b)  $v = 60.477$  [m/s]  
c)  $\mu = 1.332$  [g/m]  
d)  $m = 498.1$  [g]
10. a)  $\lambda$  [m] =  $1330$  [m/s]  $\tau$  [s]  
b)  $m = v$  ;  $[m] = L T^{-1}$   
c) hidrógeno.  
d)  $\lambda = 4.4333$  [m]  
e)  $\lambda = 3.44$  [m]

11. a)  $\lambda$  [m] = 0.0355 [s] v [m/s] + 0.0035 [m]  
b)  $\tau$  = 35.5 [ms]  
b)  $\lambda$  = 0.891 [m],  $f$  = 28.169 [Hz],  $\omega$  = 176.9911 [rad/s],  $k$  = 7.0518 [rad/m]
12. a)  $T_{\text{nueva}} = 4 T_{\text{original}}$
13. a)  $v$  = 15.2643 [m/s]  
b)  $\tau$  [s] = 0.0655 [s/m]  $\lambda$  [m] + 0.0012 [s]  
c)  $\mu$  = 0.0103 [kg/m]  
d) %EE = 15.1983%
14. a)  $\tau$  [s] = 0.3 [s/m]  $\lambda$  [m] + 0.01 [s]  
b)  $v$  = 3.3333 [m/s],  $\omega$  = 54.6364 [rad/s],  $k$  = 17.952 [rad/m]
15. a)  $v$  = 3.848 [m/s]  
b)  $\ell_{\text{cuerda}}$  = 1.2617 [m]