1. * Demuestre que la onda sinusoidal propagante es solución de la ecuación de Klein-Gordon. Grafique la relación de dispersión e indique como se determina en ese gráfico la velocidad de fase. Calcule analíticamente la velocidad de fase y grafíquela.

2. Una cuerda desde el origen se extiende a la derecha hasta un extremo fijo en $x = L$ y hasta el infinito hacia la izquierda. Una onda de amplitud $A$ incide desde el infinito.

   *a*) Calcule la expresión para la onda reflejada en este sistema de coordenadas.

   *b*) Repita el cálculo haciendo un cambio de variables de modo que el origen esté en el punto fijo, y vuelva a cambiar sobre el resultado al sistema original.

   *c*) Repita para una cuerda infinita que cambia su densidad en $x = L$. Calcule la onda reflejada y transmitida en ese sistema por los dos métodos.

   *d*) Repita para el caso de una cuerda infinita con una cuenta de masa $m$ en $x = L$.

3. Dos resortes semi-infinitos de distinta densidad lineal de masa ($\rho_1$ y $\rho_2$), y constantes $K_{i1}$ y $K_{i2}$ están unidos en un punto.

   *a*) Conocidos $\rho_1$ y $K_{i1}$ calcule $\rho_2$ y $K_{i2}$ para que a la onda reflejada tenga la mitad de la amplitud de la incidente. Considere los dos casos de incidencia posibles (desde la izquierda y desde la derecha).

   *b*) Grafique los coeficientes de reflexión y de transmisión vs. $\rho_2$.

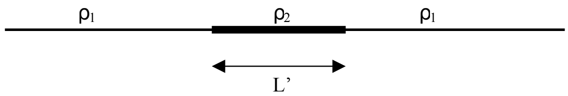
   *c*) * Vea que para cualquier recinto que incluya o no a la unión el flujo de energía que entra es igual al flujo de energía que sale.

4. Se tiene una cuerda de densidad lineal de masa $\rho_1$ sometida a una tensión $T_0$. A una distancia $L$ del extremo la densidad lineal de la cuerda cambia abruptamente al valor $\rho_2$ y a una distancia $L+L'$ del mismo extremo el valor de $\rho$ vuelve a ser $\rho_1$. En esta cuerda se propaga una onda de la forma $A\cos(\omega t - k_1 z)$. Escribir la forma de la función de onda (sin importar su amplitud) para las ondas transmitidas, y para los sistemas de referencia con origen en:

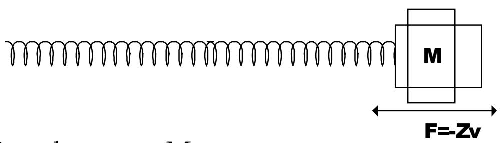
   *a*) el extremo de la primer cuerda de densidad $\rho_1$,

   *b*) el primer punto de cambio de $\rho$,

   *c*) el segundo punto de cambio de $\rho$.




5. Un resorte semi-infinito de constante distribuida $K_i$ y densidad lineal $\rho$ se extiende desde la izquierda hasta $x = L$. Termina en un cuerpo de masa $M$ como indica la figura.




   *a*) Encuentre el coeficiente de reflexión en función de la frecuencia y la masa $M$.

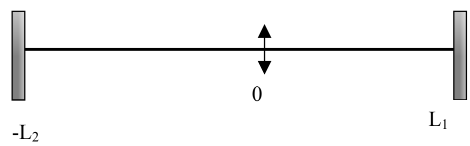
   *b*) Repita el problema anterior si la masa de terminación es remplazada por un amortiguador que ejerce una fuerza sobre el resorte oponiéndose al movimiento y proporcional a la velocidad.

6. Calcule los coeficientes de reflexión y de transmisión del sonido en las siguientes interfases:

   *a*) Fe-Cu, *b*) Al-Pb, *c*) aire-$H_2O$.

7. Un tubo lleno de aire tiene un parlante en un extremo y el otro abierto. ¿Cómo son las condiciones de borde para calcular la amplitud de la onda sonora reflejada? ¿Y si el tubo está abierto?

8. * Se tiene el siguiente sistema forzado en $z = 0$, tal que $\psi(0,t) = A_o \cos(t)$. No tenga en cuenta el rozamiento.




   *a*) Calcule $\psi(z,t)$.

*b*) Calcule la fuerza que hay que hacer en $z = 0$ para que la cuerda se mueva de esta manera. Vea que es de la forma $f(t) = f_0 \cos(t)$. ¿Cuál es la relación entre $A_0$ y $f_0$? ¿Cómo es $\frac{\partial \psi}{\partial z}$ en $z = 0$? ¿En qué caso sería allí continua?.

*c*) Si en vez de conocer el vínculo en $z = 0$ ($\psi(0, t)$) se conoce la fuerza que se realiza sobre la cuerda en ese punto, y se sabe que dicha fuerza es de la forma $f(t) = f_0 \cos(t)$, ¿cómo será el movimiento de la cuerda? (Use lo calculado en b)).

*d*) En $t = 0$ se deja al sistema en libertad. Si la frecuencia de excitación era $\omega_1 = \frac{3\pi v}{4L}$, calcule qué modos estarán excitados para $t > 0$ y cuáles serán los más importantes. Dibuje $\psi(z, 0)$ y los modos más importantes. ¿Es cierto que al liberar al sistema éste sigue oscilando con la frecuencia de excitación para $t < 0$?

*e*) Planteé el problema para el caso en que se incluyen en la ecuación de ondas pérdidas proporcionales a la velocidad.