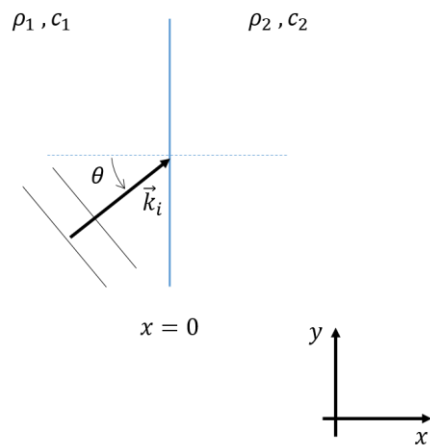


## Práctico 5

**Nota:** en este práctico, cuando la letra refiere a energía o intensidad se entiende sus valores medios temporales.



1. Considere una onda plana que incide sobre una interfaz plana entre dos medios como se muestra en la figura. La onda incidente produce una onda reflejada en el medio 1 y una onda transmitida en el medio 2 (a) Especifique las condiciones de borde que deben cumplir estas ondas en la interfase. (b) Muestre que se cumple la ley de reflexión y la ley de Snell. (c) Muestre que ni la onda reflejada ni la onda transmitida tiene componente del vector de ondas en la dirección  $z$ . (c) Halle los

coeficientes de reflexión y transmisión.

2. Considere una interfaz plana que separa dos medios. En el medio 1 la densidad vale  $\rho_1 = 1,2 \text{ kg/m}^3$  y la velocidad del sonido  $c_1 = 340 \text{ m/s}$ . En el medio 2 estas cantidades valen  $\rho_2 = 2,2 \text{ kg/m}^3$  y  $c_2 = 589 \text{ m/s}$ . (a) Una onda plana incide con ángulo  $\theta_i = 30^\circ$  con respecto a la normal de la interfaz desde el medio 1 hacia el medio 2. Halle los coeficientes de transmisión y reflexión. (b) Repita la parte anterior pero si la onda incide desde el medio 2 hacia el medio 1 con un ángulo  $\theta = \text{Asin}[c_2/c_1(\sin(30^\circ))]$ . Muestre que la trayectoria de la onda en este caso es recíproca con la parte (a). Los coeficientes de transmisión para cada caso, ¿tienen el mismo valor?. (c) Halle los coeficientes de transmisión de intensidad en cada caso. ¿Qué conclusiones se pueden sacar? ¿La intensidad es una cantidad que se conserva?

3. Una onda plana incide en forma normal desde el aire hacia una interfaz aire-agua. (a) Halle los coeficientes de reflexión y transmisión. (b) El coeficiente de transmisión en este caso es mayor a 1, ¿Implica esto una violación al principio de conservación de la energía? Discuta.

4. Una onda plana incide desde el aire hacia una interfaz aire-agua con un ángulo de  $30^\circ$ . (a) Halle el ángulo de refracción. (b) Muestre que la onda transmitida hacia el agua es una onda cuya amplitud decae exponencialmente, llamada onda evanescente.

5. Una onda acústica incide desde el agua ( $\rho_1 = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_1 = 1500 \text{ m/s}$ ) sobre el fondo arenoso del mar ( $\rho_2 = 1700 \text{ kg/m}^3$ ,  $c_2 = 1600 \text{ m/s}$ ). (a) ¿Cuál es el ángulo crítico de

incidencia que se corresponde con la reflexión total? (b) ¿Para qué ángulo de incidencia la onda reflejada transporta un 25% de la potencia de la onda incidente?

6. (a) Hallar el ángulo crítico de para ondas planas que inciden desde aceite ( $c = 1350 \text{ m/s}$ ,  $\rho = 850 \text{ kg/m}^3$ ) en agua. (b) Hallar el coeficiente de reflexión si el ángulo de incidencia es de  $45^\circ$ .

7. Una onda plana incide normalmente en el fondo del océano y se refleja con una intensidad  $20\text{db}$  menor que la onda incidente, ¿cuáles son los posibles valores de la impedancia acústica específica del material del fondo del mar?

8. Una onda plana se propaga en aire ( $c = 340 \text{ m/s}$ ) e incide normalmente sobre una interfase plana de impedancia desconocida. La onda reflejada interfiere con la onda incidente y producen un patrón de interferencia con máximos y mínimos de amplitud de la presión acústica. La frecuencia de la onda es  $250 \text{ Hz}$  y la amplitud de la presión acústica es  $0,1 \text{ Pa}$ . Experimentalmente se mide la amplitud y posición de los mínimos del patrón de interferencia que se muestran en la tabla adjunta. Hallar la impedancia desconocida y estimar se error.

$x_{min} \text{ [m]}$	Presión acústica [Pa]
0,44	$8,06 \times 10^{-2}$
1,09	$8,17 \times 10^{-2}$
1,82	$7,92 \times 10^{-2}$
2,42	$8,14 \times 10^{-2}$
3,16	$7,86 \times 10^{-2}$

9. Una onda plana de frecuencia  $f = 500 \text{ Hz}$  y un nivel de presión de  $60 \text{ dB}$  ( $@20\mu\text{Pa}$ ), se propaga en aire e incide normalmente sobre una interfase plana de un segundo medio con impedancia específica  $Z_e = 830 \text{ Rayls}$ . (a) Hallar la presión efectiva de la onda reflejada. (b) ¿A qué distancia de la interfase la amplitud de presión del patrón de interferencia es igual a la de la onda incidente?

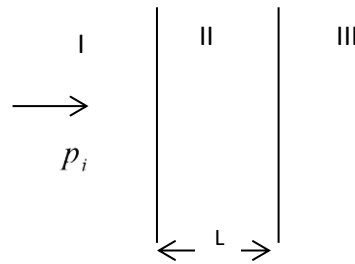
10. Un panel acústico está hecho de un material cuya impedancia específica es  $Z_e = r + i\chi$  con  $r = 1000 \text{ Rayls}$  y  $\chi = -2000 \text{ Rayls}$ . Considere una onda plana de frecuencia  $f = 200 \text{ Hz}$  que se

propaga en aire e incide normalmente sobre este panel. Hallar la posición de los mínimos de amplitud de presión acústica del patrón de interferencia.

**11.** En la reflexión de una onda plana en una interfase fluido-fluido, se observa que cuando la incidencia es normal, la amplitud de la sobrepresión de la onda reflejada es la mitad que la incidente (sin información acerca de la fase). A medida que se aumenta el ángulo de incidencia, la amplitud de la onda reflejada primero decrece a cero y luego se incrementa hasta que a los  $30^\circ$ , la onda reflejada tiene la misma amplitud que la onda incidente. Encuentre la densidad y la velocidad del sonido del segundo medio, si el primer medio es agua.

**12. Examen febrero 2015**

Una onda acústica plana de presión  $P' = P_{0i} e^{j(\omega t - k_1 x)}$  incide normalmente desde un medio I, semi-infinito y se trasmite hacia un medio III también semi-infinito a través de una capa II de



caras paralelas separadas una distancia  $L$ . (a) Muestre que el coeficiente de reflexión hacia el medio I está dado por la siguiente expresión:

$$\alpha_R = \frac{\left(1 + \frac{Z_2}{Z_3}\right) \left(1 - \frac{Z_2}{Z_1}\right) e^{jk_2 L} - \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \left(1 - \frac{Z_2}{Z_3}\right) e^{-jk_2 L}}{\left(1 - \frac{Z_2}{Z_3}\right) \left(1 - \frac{Z_2}{Z_1}\right) e^{-jk_2 L} - \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1}\right) \left(1 + \frac{Z_2}{Z_3}\right) e^{jk_2 L}}$$

Donde  $Z_{1,2,3}$  son las impedancias acústicas de los medios I,II,III respectivamente y  $k_2$  el número de onda en el medio II. (b) Muestre que el coeficiente de transmisión en intensidad del medio I al medio III está dado por la siguiente expresión:

$$\alpha_T^{(I)} = \frac{4}{\left[2 + \left(\frac{Z_3}{Z_1} + \frac{Z_1}{Z_3}\right)\right] \cos^2(k_2 L) + \left(\frac{Z_2^2}{Z_1 Z_3} + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2^2}\right) \sin^2(k_2 L)}$$

Sugerencia: Muestre que el coeficiente  $\alpha_R$  hallado en la parte anterior se puede escribir como:

$$\alpha_R = \frac{\left(1 - \frac{Z_1}{Z_3}\right) \cos(k_2 L) + j \left(\frac{Z_2}{Z_3} - \frac{Z_1}{Z_2}\right) \sin(k_2 L)}{\left(1 + \frac{Z_1}{Z_3}\right) \cos(k_2 L) + j \left(\frac{Z_2}{Z_3} + \frac{Z_1}{Z_2}\right) \sin(k_2 L)}$$

y calcule  $\alpha_T$  a partir del sistema de ecuaciones desarrollado en (a) para luego calcular  $\alpha_T^{(I)}$ . (c) Halle una expresión de  $\alpha_T^{(I)}$  para cada una de las siguientes situaciones: (i)  $Z_1 = Z_3$  y  $Z_2 \gg Z_1$  (ii)  $Z_2 \sin(k_2 L) \ll 1$  y  $\cos(k_2 L) \approx 1$ . Discuta e interprete tanto las distintas hipótesis como el resultado obtenido. En la medida de lo posible, ejemplifique con una situación concreta tomando elementos de la tabla que se adjunta.

Material	Impedancia Acústica (Rayls)
Aluminio	$17.0 \times 10^6$
Concreto	$8.0 \times 10^6$
Acero	$47.0 \times 10^6$
Agua	$1.48 \times 10^6$
Aceite	$1.45 \times 10^6$
Aire (20 °C)	415
Vapor	242

**13.** Hallar el espesor y la velocidad del sonido que debe tener un material plástico con una densidad de  $1500 \text{ kg/m}^3$  para que transmita ondas planas de  $20 \times 10^3 \text{ Hz}$  del agua al acero sin reflexión.

**14.** Una pared de concreto ( $c = 2500 \text{ m/s}$ ) de  $20 \text{ cm}$ . de espesor separa dos habitaciones. Hallar el coeficiente de transmisión en intensidad para una onda plana que incide normalmente en la pared y cuya frecuencia es (a)  $100$  (b)  $1000$  y (c)  $10000 \text{ Hz}$ .

**15.** Hallar el nivel de presión en agua ( $@1 \mu\text{Pa}$ ) que requiere una onda plana que incide normalmente sobre una pared de acero de  $15 \text{ cm}$  de espesor para que pueda ser detectada con un nivel de presión de  $60 \text{ dB}$  ( $@20 \mu\text{Pa}$ ) en el aire del otro lado de la pared.