Física 3

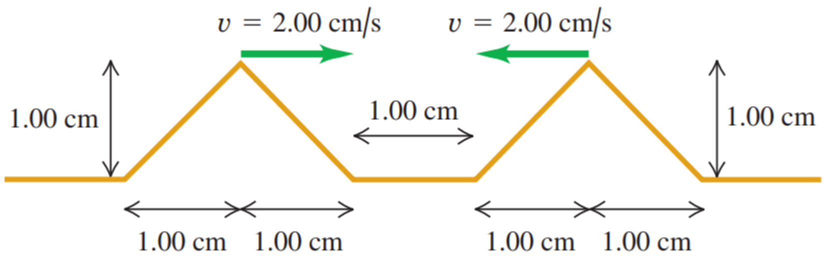
Campo de formación básica (CFB): Ingeniería Eléctrica / Metalúrgica

Total de horas: 48 (asignatura cuatrimestral)

Cuerpo docente: Dr. Juan Pedrosa (TN)

Clase 9 (práctica de polarización de OEM y principio de superposición)

Ejercicio 0. Dos pulsos ondulatorios triangulares viajan uno hacia el otro por una cuerda estirada, como se muestra en la figura. Los pulsos son idénticos y viajan a $2{,}00\,cm/s$. Los bordes delanteros de los pulsos están separados $1\,cm$ en $t = 0\,s$. Dibuje la forma de la cuerda en $t = 0{,}25\,s$, $t = 0{,}5\,s$, $t = 0{,}75\,s$, $t = 1\,s$ y $t = 1{,}25\,s$.



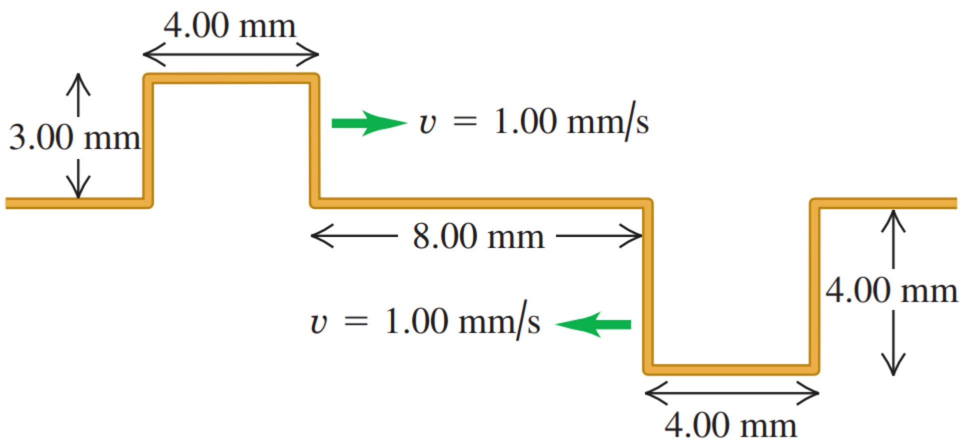
Ejercicio 1. Suponga que el pulso que viaja hacia la izquierda en el ejercicio anterior está debajo del nivel de la cuerda sin estirar y no por encima. Trace los mismos dibujos que realizó para ese ejercicio.

Ejercicio 2. Dos pulsos se desplazan en sentidos opuestos a $1\,cm/s$ en una cuerda tensada, como se ilustra en la figura. Cada cuadro representa $1\,cm$. Dibuje la forma de la cuerda al final de

1. $t = 6\,s$
2. $t = 7\,s$
3. $t = 8\,s$

Ejercicio 3. La figura muestra dos pulsos ondulatorios rectangulares en una cuerda estirada, que viajan uno hacia el otro. Su rapidez es de $1\,mm/s$ y su peso y su anchura se muestran en la misma. Los bordes delanteros de los pulsos están separadas $8\,mm$ en $t=0$. Dibuje la forma de la cuerda en

1. $t = 4\,s$
2. $t = 6\,s$



3. $t = 10\,s$

Ejercicio 4. Dos ondas viajeras que se mueven por una cuerda son idénticas, excepto que sus velocidades son opuestas. Obedecen la ecuación $y(x,t) = A\sin(kx \pm \omega t)$, donde el signo más-menos del argumento depende de la dirección en la cual viaje la onda.

1. Demostrar que la cuerda que vibra está descrita por la ecuación $y(x,t) = 2A\sin kx\cos\omega t$. (**NOTA**: utilice las identidades trigonométricas para seno de la suma y resta).
2. Demostrar que la cuerda nunca se mueve en los lugares en donde se cumple que $x = n\lambda/2$, donde n es un entero no negativo.

Ejercicio 5. Determinar la resultante de la superposición de las ondas paralelas $E_1 = E_{01}\sin(\omega t + \varepsilon_1)$ y $E_2 = E_{02}\sin(\omega t + \varepsilon_2)$ cuando $\omega = 120\pi$, $E_{01} = 6$, $E_{02} = 8$, $\varepsilon_1 = 0$ y $\varepsilon_2 = \pi/2$. Represente gráficamente cada función y la resultante.

Ejercicio 6. Demostrar que cuando las dos ondas $E_1 = E_{01}\sin(\alpha_1 - \omega t)$ y $E_2 = E_{02}\sin(\alpha_2 - \omega t)$ están en fase, la intensidad es un valor máximo proporcional a $(E_{01} + E_{02})^2$ mientras que, cuando están desfasadas, es un valor mínimo proporcional a $(E_{01} - E_{02})^2$.

Ejercicio 7. El campo eléctrico de una onda electromagnética estacionaria plana viene dado por:

$$E(x,t) = 2E_0\sin kx\cos\omega t$$

Deducir una expresion para $B(x,t)$.

Ejercicio 8. Una onda electromagnética estacionaria viene dada por:

$$E(x,t) = 100\sin\frac{2}{3}\pi x\cos 5\pi t$$

Determinar dos ondas que puedan superponerse para crearla.

Ejercicio 9. Demostrar que una onda estacionaria creada por dos ondas de amplitud desigual:

$$E_I = E_0 \sin(kx \mp \omega t)$$

y

$$E_R = \rho E_0 \sin(kx \pm \omega t)$$

tiene la forma:

$$E = 2\rho E_0 \sin(kx)\cos(\omega t) + (1-\rho)E_0 \sin(kx \mp \omega t)$$

En este caso ρ es la relación entre la amplitud reflejada y la amplitud incidente. ¿Qué sucede cuando $\rho = 1$?

Ejercicio 10. Dada la relación de dispersión $\omega = ak^2$, calcular la velocidad de fase y la velocidad de grupo.

Ejercicio 11. Demostrar que la velocidad de grupo puede escribirse como

$$v_g = \frac{c}{n + \omega(dn/d\omega)}$$

Ejercicio 12: Demostrar explícitamente que cuando $\overrightarrow{E}_y(z,t)$ se retrasa con respecto a $\overrightarrow{E}_x(z,t)$ un valor de 2π, la onda resultante viene dada por

$$\overrightarrow{E}(z,t) = (\hat{\imath}E_{0x} + \hat{\jmath}E_{0y})\cos(kz - \omega t)$$

Ejercicio 13: Demostrar explícitamente que cuando $\overrightarrow{E}_y(z,t)$ se retrasa con respecto a $\overrightarrow{E}_x(z,t)$ un valor de π, la onda resultante viene dada por

$$\overrightarrow{E}(z,t) = (\hat{\imath}E_{0x} - \hat{\jmath}E_{0y})\cos(kz - \omega t)$$

Ejercicio 14: Repetir los procedimientos anteriores para el caso de polarización elíptica.

Ejercicio 15: Describir detalladamente el estado de polarización de cada una de las siguientes ondas:

1. $\overrightarrow{E} = \hat{\imath}E_0\cos(kx - \omega t) - \hat{\jmath}E_0\cos(kx - \omega t)$
2. $\overrightarrow{E} = \hat{\imath}E_0\sin 2\pi(z/\lambda - vt) - \hat{\jmath}E_0\sin 2\pi(z/\lambda - vt)$
3. $\overrightarrow{E} = \hat{\imath}E_0\sin(\omega t - kz) + \hat{\jmath}E_0\sin(\omega t - kz - \pi/4)$
4. $\overrightarrow{E} = \hat{\imath}E_0\cos(\omega t - kz) + \hat{\jmath}E_0\cos(\omega t - kz + \pi/2)$

Ejercicio 16: Considerar la perturbación óptica dada por la expresión

$$\overrightarrow{E}(z,t) = \left[\hat{\imath}\cos(\omega t) - \hat{\jmath}E_0\cos(\omega t - \pi/2)\right] E_0\sin(kz)$$

¿De qué clase de onda se trata? Trazar un esquema aproximado que muestre sus características principales.

Ejercicio 17: Escribir una expresión para una onda luminosa en el estado $\mathcal{P}$ con frecuencia angular ω y amplitud E_0 que se propaga a lo largo del eje x con su plano de vibración dispuesto a 25° con respecto al plano xy. La perturbación es nula en $t = 0$ y $x = 0$.

Ejercicio 18: Escribir una expresión para una onda luminosa en el estado $\mathcal{R}$ con frecuencia angular ω que se propaga en la dirección positiva de x de manera que en $t = 0$ y $x = 0$ el campo $\overrightarrow{E}$ apunte hacia la dirección negativa de z.

Ejercicio 19: El campo eléctrico de un haz luminoso linealmente polarizado de $1000\,W/m^2$ oscila a 10° con respecto a la vertical en los cuadrantes primero y segundo. El haz pasa en perpendicular a través de dos polarizadores lineales ideales consecutivos. El eje de transmisión del primero está a -80° de la vertical en los cuadrantes segundo y cuarto. el del segundo se sitúa a 55° de la vertical en los cuadrantes primero y tercero.

1. ¿Cuánta luz sale sale del segundo polarizador?
2. Si se intercambian los polarizadores sin modificar sus orientaciones, determinar la cantidad de luz que sale.

Ejercicio 20: Un haz de luz polarizada linealmente con su campo eléctrico vertical incide perpendicularmente en un polarizador lineal ideal con un eje de transmisión vertical. Si la intensidad del haz incidente es de $200\,W/m^2$, calcular cúal será la intensidad del haz transmitido.