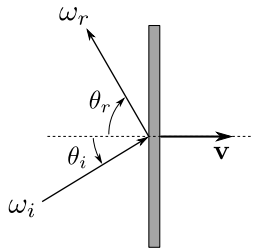
Por favor: resolver cada problema en hojas separadas e indicar el nombre en todas ellas.

1 *(2 puntos)* Encontrar la fuerza entre una esfera de radio a, cargada uniformemente en volumen con carga total Q, y una esfera conductora descargada de radio b. La separación entre los centros de las dos esferas es $c\,\hat{e}_n$, donde $c > a + b$ y $\hat{e}_n$ es el versor dirigido desde el centro de la esfera cargada hasta el centro de la esfera conductora.

2 *(2.5 puntos)* Sobre un espejo plano que se mueve con velocidad $\mathbf{v}$ paralela a su normal incide luz de frecuencia ω_i con un ángulo de incidencia θ_i, como muestra la figura.

(a) Encontrar la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión. Analizar posteriormente el caso $v \ll c$ y comparar con el rebote de partículas no relativistas contra una pared en movimiento.

(b) Encontrar la frecuencia de la onda reflejada. Para incidencia normal analizar qué sucede cuando $v \ll c$ y comparar con lo que cabría esperar si, en lugar de luz, hubiera un flujo partículas o de sonido contra una pared en movimiento.



3 *(2.5 puntos)* Una partícula de masa m y carga q se encuentra suspendida desde el techo por un hilo inextensible de largo ℓ (hay gravedad). A tiempo $t = 0$, se la aparta un ángulo θ_0 respecto a la vertical y se la suelta.

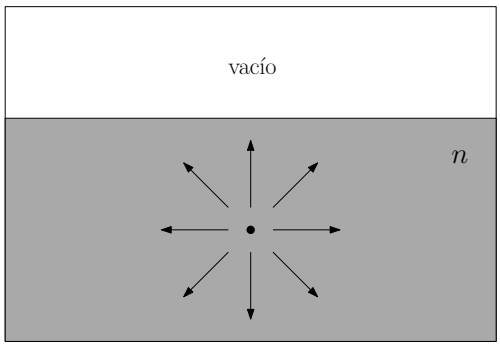
(a) Hallar la potencia irradiada como función de la posición de la partícula.

(b) Si θ_0 es un ángulo pequeño, estimar el tiempo total que tarda la partícula en detenerse.

(c) En la aproximación de θ_0 pequeño y para un observador ubicado en el punto desde el cual se suspende el hilo: ¿qué relación deberían cumplir los parámetros del problema para que la posición aparente de la partícula esté atrasada medio período con respecto a su posición real?

4 *(3 puntos)* Decida si cada una de las siguientes afirmaciones es verdadera o falsa. Justifique su respuesta.

(a) Una fuente de luz puntual se encuentra en el interior de un dieléctrico (LIH) de índice de refracción n (ver figura). La fracción f de los rayos de luz que escapan del dieléctrio hacia el vacío está dada por $f = \frac{1}{2}\left(1 - \sqrt{1 - 1/n^2}\right)$ (tratar a la luz emitida como un conjunto de ondas planas que se progaga isotrópicamente desde el punto desde el cual es emitida).



(b) En cierto sistema de referencia inercial se propaga una onda plana. Entonces, en cualquier otro sistema de referencia inercial, también se propagará una onda plana.

(c) Si una componente de cierto cuadrivector se anula en todos los sistemas de referencia inerciales, entonces todas las componentes de dicho cuadrivector son nulas.

Algunas relaciones que pueden ser útiles (o no...)

- Relaciones de Fresnel para modos TE (onda incide desde el medio con índice n con ángulo i):

$$\frac{E_t}{E_i} = \frac{2n\cos(i)}{n\cos(i) + \frac{\mu}{\mu'}\sqrt{n'^2 - n^2\mathrm{sen}^2(i)}} \quad , \quad \frac{E_r}{E_i} = \frac{n\cos(i) - \frac{\mu}{\mu'}\sqrt{n'^2 - n^2\mathrm{sen}^2(i)}}{n\cos(i) + \frac{\mu}{\mu'}\sqrt{n'^2 - n^2\mathrm{sen}^2(i)}} \, .$$

- Relaciones de Fresnel para modos TM (onda incide desde el medio con índice n con ángulo i):

$$\frac{E_t}{E_i} = \frac{2nn'\cos(i)}{\frac{\mu}{\mu'}n'^2\cos(i) + n\sqrt{n'^2 - n^2\mathrm{sen}^2(i)}} \quad , \quad \frac{E_r}{E_i} = \frac{\frac{\mu}{\mu'}n'^2\cos(i) - n\sqrt{n'^2 - n^2\mathrm{sen}^2(i)}}{\frac{\mu}{\mu'}n'^2\cos(i) + n\sqrt{n'^2 - n^2\mathrm{sen}^2(i)}} \, .$$

- Vector de Poynting:

$$\mathbf{S} = \frac{c}{4\pi}\mathbf{E} \times \mathbf{H} \, .$$

- Transformación de Lorentz de un cuadrivector $(A^\mu) = \left(A^0, \mathbf{A}\right)$:

$$\begin{aligned} A'^0 &= \gamma\left(A^0 - \mathbf{A}_\parallel \cdot \boldsymbol{\beta}\right) \, , \\ \mathbf{A}'_\parallel &= \gamma\left(\mathbf{A}_\parallel - A^0\boldsymbol{\beta}\right) \, , \\ \mathbf{A}'_\perp &= \mathbf{A}_\perp \, . \end{aligned}$$

- Transformación de Lorentz de los campos:

$$\begin{aligned} \mathbf{E}'_\parallel &= \mathbf{E}_\parallel \, , \quad \mathbf{B}'_\parallel = \mathbf{B}_\parallel \, , \\ \mathbf{E}'_\perp &= \gamma\left(\mathbf{E}_\perp + \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{B}\right) \, , \\ \mathbf{B}'_\perp &= \gamma\left(\mathbf{B}_\perp - \boldsymbol{\beta} \times \mathbf{E}\right) \, . \end{aligned}$$

- Fórmula de Larmor (no relativista) para partícula de carga q y aceleración $\mathbf{a}$:

$$P = \frac{2q^2\mathbf{a}^2}{3c^3} \, .$$

- Los primeros términos del desarrollo multipolar del campo de radiación para fuentes acotadas:

$$\mathbf{E}_{\text{rad.}}(\mathbf{R}, t) = \frac{1}{c^2 R}\hat{e}_R \times \left[\hat{e}_R \times \ddot{\mathbf{p}} + \ddot{\mathbf{m}} + \frac{1}{6c}\hat{e}_R \times \left(\dddot{\mathrm{Q}}\,\hat{e}_R\right)\right]_{t - \frac{R}{c}} \, ,$$

donde

$$\mathbf{p} = \sum_i q_i \mathbf{r}_i \, ,$$

$$\mathbf{m} = \frac{1}{2c}\sum_i q_i \mathbf{r}_i \times \mathbf{v}_i \, ,$$

$$Q_{ij} = \sum_l q_l \left[3(\mathbf{r}_l)_i(\mathbf{r}_l)_j - \delta_{ij}\mathbf{r}_l^2\right] \, .$$