



## Auxiliar 5

Jueves 26 de Abril

**P1.** Este problema es una extensión de un problema visto en clases (Ejemplo 8.4 Griffiths). Se tenía una solenoide de radio  $R$  de  $n$  vueltas por unidad de largo que conducía una corriente  $I$ . Coaxiales al solenoide, hay dos casquetes cilíndricos de radios  $a$  y  $b$  ( $a < R < b$ ). El cilindro interno tiene una carga  $+Q$  mientras que el externo tiene carga  $-Q$ . Ambos cilindros tienen largo  $l$ .

La corriente comienza a reducirse gradualmente y producto del campo eléctrico inducido por esta disminución, los cilindros comienzan a moverse. Se concluyó que el momentum angular estaba almacenado en el campo electromagnético pero no se consideró que queda un residuo de momento angular en los campos asociados al campo magnético que generan las cargas del cilindro al girar. Calcularemos esta corrección.

- Calcule el momento final almacenado en el campo electromagnético en términos de  $\omega_a$  y  $\omega_b$ , las velocidades angulares de los cilindros.
- En cuanto los cilindros comienzan a girar, el cambio en el campo magnético induce un campo eléctrico azimutal extra que tendrá una contribución en el torque que sienten los cilindros. Calcule la variación del momento angular asociada y compare con el resultado obtenido en a).

**P2.** Encuentre todos los elementos del tensor de esfuerzos de Maxwell  $T_{ij}$  para una onda plana monocromática viajando en la dirección  $\hat{\mathbf{z}}$  y linealmente polarizada con el campo eléctrico apuntando en  $\hat{\mathbf{x}}$ . Interprete el resultado recordando que  $-\mathbf{T}$  puede entenderse como un flujo de densidad de momento lineal.

**P3.** Considere una partícula de carga  $q$  y masa  $m$ , libre de moverse en el plano  $xy$  en respuesta a una onda electromagnética propagándose en la dirección  $\hat{\mathbf{z}}$ .

- Ignorando la fuerza magnética, encuentre la velocidad de la partícula como función del tiempo (Asuma que la velocidad promedio es cero).
- Calcule la fuerza magnética resultante que siente la partícula.
- Muestre que el promedio temporal de la fuerza magnética es cero.

El problema con este modelo inocente para la presión de la luz es que la velocidad tiene un desfase de  $\frac{\pi}{2}$  con los campos. Imagine que este es un modelo de electrones moviéndose en un plato conductor (despreciamos la velocidad en el eje perpendicular al plato) y hacemos incidir una onda electromagnética perpendicular a la superficie del plato conductor. Sabemos que la luz debe ejercer presión en los electrones (en la dirección  $\hat{\mathbf{z}}$ ) y la única fuerza que apunta en esta dirección es la magnética. Que el promedio temporal de la fuerza magnética sea cero, quiere decir que el modelo de electrones no interactuantes en el metal no logra explicar el origen microscópico de la presión que ejerce la onda.

Para que la energía sea absorbida, tiene que haber alguna suerte de resistencia al movimiento de las cargas.

Suponga que incluimos una fuerza de la forma  $-\gamma m \mathbf{v}$ , con  $\gamma$  una constante de amortiguamiento.

- Repita la parte a), ignorando el transiente del amortiguamiento. Repita la parte b) y encuentre el promedio temporal de la fuerza magnética en la partícula.