

**TEORIA ELECTROMAGNETICA**  
**POSTGRADO**

1.

Considere las ecuaciones de Maxwell con cargas y corrientes magnéticas.

a. Muestre que son simétricas ante la transformación

$$\rho_e \rightarrow \rho_m, \quad \vec{E} \rightarrow \vec{B}, \quad \vec{j}_e \rightarrow \vec{j}_m,$$
$$\rho_m \rightarrow -\rho_e, \quad \vec{B} \rightarrow -\vec{E}, \quad \vec{j}_m \rightarrow -\vec{j}_e.$$

b. Escriba la fuerza de Lorentz generalizada y calcule el tensor de Maxwell en este caso.

2.

a. Considere el tensor de Maxwell sin campos magnéticos. Calcule los ejes principales y autovalores, escríbalo en forma diagonal e interprete físicamente en términos de presiones. Idem si sólo hay campo magnético.

b. Calcule  $\text{Tr } T^2$  y  $\det T$  en función de la densidad de energía y del vector de Poynting.

3.

a. Escriba las ecuaciones de Maxwell con cargas y corrientes magnéticas en términos de  $\vec{F} = \vec{E} + i\vec{B}$  y similares combinaciones para cargas y corrientes.

b. Verifique que estas ecuaciones son invariantes ante la transformación  $\vec{F} \rightarrow e^{-i\phi} \vec{F}$  donde  $\phi$  es una constante arbitraria. Exprese esta transformación en términos de campos, cargas y corrientes. ¿Le sugiere alguna interpretación geométrica? ¿Qué forma particular tiene para  $\phi = \pi/2$ ?

c. Considere  $\vec{F}$  y  $\vec{F}^*$ . Identifique las cantidades  $\frac{1}{8\pi} \vec{F} \cdot \vec{F}^*$  (escalar),

$\frac{1}{8\pi i} \vec{F} \times \vec{F}^*$  (vector),  $\frac{1}{8\pi} (\vec{F}\vec{F}^* + \vec{F}^*\vec{F})$  (tensor). ¿Cómo se transforman ante  $\vec{F} \rightarrow e^{-i\phi} \vec{F}$ ?

4.

a. Verifique que las ecuaciones de Maxwell son invariantes ante rotaciones, inversiones espaciales e inversiones temporales.

b. Idem ante transformaciones de dualidad.

c. Verifique que el vector de Poynting, la densidad de de energía y el tensor de Maxwell también son invariantes.

5.  
Ejercicio 6.15 del libro de Jackson (efecto Hall).

6. \*  
Ejercicio 6.16 del libro de Jackson (fuerzas sobre monopolos).  
Ver D. Silvers Phys. Rev. **D2**, 2048 (1970)

7.  
Ejercicio 6.17 del libro de Jackson (dualidad y fuerzas).

8.  
Ejercicio 6.20 del libro de Jackson (fuente dipolar en el gauge de Coulomb).

9. \*  
Considere una partícula de carga eléctrica  $q_e$  y otra con carga magnética  $q_m$  separadas una distancia  $d$ . Calcule el momento angular de los campos electromagnéticos.

10. \*  
Considere un circuito cerrado con una corriente magnética que en un período  $T$  hace circular una carga magnética  $Q_m$  a través de un lazo de alambre sin resistencia con autoinductancia  $L$ .

a. Calcule la corriente inducida en el circuito. Este método se ha usado para detectar monopolos (sin éxito...).

b. Considere un experimento en el que una roca lunar se hace pasar 400 veces por un solenoide en el que hay 1200 vueltas de alambre superconductor y que este tiene una autoinductancia de  $78 \times 10^6$  emu. Los detectores podían detectar corrientes de hasta  $1.4 \times 10^{-9}$ ; estime la corriente que se puede esperar en este experimento.

c. 28 piedras lunares se usaron con una masa total de 8.4 kg, sin encontrar monopolos. Vea las referencias L.Alvarez Science **167** 701 (1970), B.Cabrera Phys. Rev. Lett. **48** 1378 (1982).