

**Física Teórica 1 - ELECTROMAGNETISMO**  
**Primer Cuatrimestre 2001**

**Serie 3:**  
**Teoremas de conservación.**  
**Aproximación cuasiestacionaria**

*I. Problemas*

1. Utilizar el tensor de Maxwell para encontrar:
  - a) La fuerza entre dos cargas iguales, que pueden ser del mismo signo o no.
  - b) La fuerza por unidad de longitud con que interactúan dos cables paralelos muy largos, por los que circulan corrientes iguales. Considere los dos casos: sentidos iguales y sentidos opuestos de circulación.
2. Una esfera conductora de radio  $a$ , está conectada a potencial  $V$ . Calcular la fuerza que tiende a separar sus dos hemisferios usando el tensor de Maxwell. Comparar con el resultado obtenido a partir de la fuerza de Lorentz.
3. Una esfera conductora de radio  $a$ , descargada, está ubicada en un campo externo uniforme.
  - a) Calcular la fuerza que tiende a separar sus dos mitades.
  - b) ¿Cómo se modifica la fuerza calculada en a) si la esfera tiene carga  $Q$ ?
4. Un capacitor formado por dos planos paralelos se carga lentamente. Mostrar que el flujo del vector de Poynting a través de la superficie lateral es igual al incremento de la energía almacenada por unidad de tiempo. Despreciar efectos de borde.
5. Una onda electromagnética monocromática plana y linealmente polarizada incide normalmente desde el vacío sobre una superficie perfectamente reflectora.
  - a) Calcular la presión de radiación.
  - b) Se ha propuesto un material llamado *kaptón* como vela para navegar en el sistema solar. La vela estaría compuesta por una capa de kaptón de 2 mm de espesor recubierta por una capa de 0.1 mm de aluminio y pesaría  $1 \text{ g/m}^2$ . Suponiendo que el aluminio actúa como espejo perfecto, estime numéricamente la aceleración producida por el "viento solar". Suponer que esta vela está a 1 UA del sol (unidad astronómica,  $\sim$  distancia entre el sol y la tierra) donde la intensidad de la radiación solar es  $\approx 1.4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$ .
  - c) (optativo) repetir los puntos anteriores para incidencias no normales
6. Considere un cable coaxil, formado por dos conductores concéntricos, ambos con resistencias por unidad de longitud  $\lambda$ . El conductor interior tiene radio  $a$  y el exterior tiene radio interno  $b$  y externo  $c$  ( $a < b < c$ ). Puede suponerse que los cables son rectos y de longitud suficientemente larga. Por el conductor central circula una corriente constante  $I$  que retorna por el conductor exterior. Verificar

que el flujo de energía electromagnética a través de la superficie de cada cable es igual a las pérdidas por efecto Joule en cada uno de ellos.

7. Calcular la presión que experimenta la superficie lateral de un solenoide largo y recto de radio  $a$  y  $n$  vueltas por unidad de longitud por el que circula una corriente constante  $I$ . Usando la aproximación cuasiestacionaria, analizar también el caso en que  $I = I_0 \sin(\omega t)$ . Mostrar que la variación en la energía del campo magnético en el solenoide es igual al flujo del vector de Poynting a través de su superficie lateral.
8. Considere el sistema formado por dos cáscaras esféricas metálicas concéntricas, de radios  $a$  y  $b$  respectivamente, con carga  $+q$  en la cáscara interior y  $-q$  en la exterior y un dipolo magnético  $\vec{m}$  en el centro de las esferas. Calcular el momento angular del campo electromagnético de este sistema.
9. Se coloca una esfera de radio  $a$  y conductividad  $\sigma$  en un campo magnético externo variable  $\vec{B}_{ext} = \vec{B}_e \exp(-i\omega t)$ , que puede considerarse uniforme. Calcular la potencia que se disipa en la esfera como consecuencia de las corrientes de Foucault que se inducen en ella, bajo la aproximación cuasiestacionaria y de buen conductor.

## II. Preguntas Molestas

1. ¿Qué diferencia hay entre calcular la fuerza sobre una distribución dada usando el tensor de Maxwell y la fuerza de Lorentz?
2. ¿En qué casos puede calcularse la fuerza sobre una distribución integrando el flujo del tensor de Maxwell?
3. ¿De qué manera conviene tomar los ejes de coordenadas en un punto dado, para que el tensor de Maxwell (eléctrico o magnético) sea diagonal en esa base? ¿Cómo ayuda esto para elegir la superficie de integración?
4. ¿Cuál es la solución de la *paradoja de Feynman*? (ver Feynman Vol.2, 17-4).