

## Magnetostática [y otras hierbas..]

### Ley de Biot y Savart

La presencia de un movimiento de cargas o la existencia de una densidad de corriente, origina una densidad de campo magnético que se traduce en:

$$\vec{B}(\vec{r}) = \frac{\mu_0}{4\pi} \oint_{\Gamma} \frac{Id\vec{l} \times (\vec{r} - \vec{r}')}{\|\vec{r} - \vec{r}'\|^3} \quad (1)$$

donde,  $\Gamma$  es el camino cerrado por donde circula la corriente  $I$ .

### Fuerza de Lorentz

Para una carga en movimiento se tiene:

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

En el caso de una corriente la fuerza toma la forma:

$$\vec{F} = \oint_{\Gamma} Id\vec{l} \times \vec{B} \quad (3)$$

### Ley circuital de Ampere

$$\oint_{\Gamma} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 I_{\text{enlazada}} \quad (4)$$

#### P1 Bobinas de Helmholtz

En el laboratorio a menudo se requiere producir un campo magnético uniforme sobre una región apreciable. En esos casos se usa un par de bobinas de Helmholtz. Muestre que el campo sobre el eje de simetría, en el punto medio entre las dos bobinas depende sólo de la corriente que circula por estas. Para esto calcule primero el campo en el eje  $z$  debido a un solenoide de radio  $a$ . Ahora obtenga una expresión para el campo entre dos solenoides (en el eje  $z$ ), separadas una distancia  $b$ . Cuál es la condición para que el campo sea uniforme? a que zona corresponde?

P2 Un cilindro de radio  $a$  y altura  $h$  tiene una corriente superficial  $I$  uniformemente distribuida en el manto. Calcule el campo magnético producido sobre su eje.

P3 Utilice la ecuación (2) para obtener la trayectoria de una partícula cargada no relativista, moviéndose en un campo magnético.

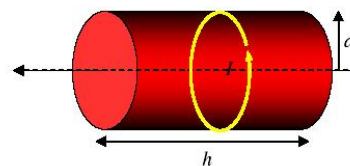
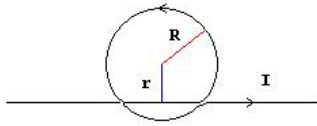


Figura 1: Problema 2



**P4** Un conductor recto infinitamente largo es doblado en la forma que se muestra en la figura. La porción circular es coplanar con la sección recta, y tiene radio  $R$ , con su centro ubicado a una distancia  $r$  de la parte recta. Despreciando efectos asociados a las dobladuras del conductor, determine el valor de  $r$  de modo que al circular por el conductor una corriente  $I$ , el campo producido en el centro de la porción circular sea cero.

## **P5** Física de Plasmas – Efecto de Estricción

Los gases ionizados son buenos conductores de electricidad, las partículas cargadas de un gas ionizado interactúan con el campo electromagnético local. Cuando el gas está sometido a un campo estático, actúa como cualquier otro conductor, los portadores de carga de un gas se redistribuyen rápidamente de tal manera que la mayor parte del gas se blindo o apantalla el campo. Cuando un gas ionizado posee una cantidad suficiente de cargas para blindarse a sí mismo, es un **plasma**.

La tendencia de una descarga de corriente intensa por un plasma a estrecharse lateralmente se conoce como "efecto de estricción" (predicho por Bennett en 1934). El mecanismo básico que causa la estricción es la interacción de una corriente con su propio campo magnético.

- a) Consideremos una descarga de corriente de simetría cilíndrica por el plasma (Z-pinch). Justifique la relación para la inducción magnética a una distancia  $r$  del eje de la descarga,

$$B(r) = \frac{\mu_0}{r} \int_0^r J(r') r' dr' \quad (5)$$

- b) Obtenga una expresión para la fuerza magnética que dependa sólo de  $B(r)$ .  
c) Podemos relacionar esta fuerza con una presión equivalente  $P_{eq}$ , interpretando la fuerza como un cambio en la presión con respecto al radio,  $F = -\frac{\partial P_{eq}}{\partial r}$ . Escriba una expresión para  $P_{eq}$ .

Nos interesa particularmente la presión sobre las fronteras laterales de la descarga, por lo que restringimos nuestra atención al caso de alta conductividad en que las líneas de campo magnético no penetran apreciablemente el fluido conductor.

- d) En la frontera  $r = R$  la presión corresponde simplemente a la presión magnética  $P_m$ , identifique este término.

El efecto de estricción puede verse como aquel que proviene de una formación repentina de presión magnética en la región exterior de la descarga. Da como resultado la compresión del plasma (inherentemente inestable).

- e) Calcule, utilizando la ley circuital de Ampere, el campo  $B(R)$ . Consideremos el plasma como un gas ideal, cuya presión del fluido es  $p = nKT$ , con esto estamos en condiciones de escribir una expresión para  $I$ . Demuestre,

$$I^2 = \left( \frac{8\pi}{\mu_0} \right) \pi R^2 nKT \quad (6)$$

- f) Estime un valor para la corriente de estricción que es necesaria generar para alcanzar una temperatura de reactor termonuclear (fusión) de  $10^8$  K.