Electricidad y magnetismo

Resumen y notas de clases – Parte de MAGNETISMO

Ultima modificación el lunes 25 de junio de 2007 a las 23:48:43

El campo magnético

Todo imán, de cualquier forma, tiene dos polos, norte y sur, donde la fuerza ejercida por el imán tiene su máxima intensidad.

La Tierra es un imán natural, con polos magnéticos próximos a los polos geográficos norte y sur. Como el polo norte de la aguja de una brújula apunta al polo sur de un imán, lo que se llama polo norte de la Tierra, es el polo sur magnético de la Tierra.

Las cargas eléctricas y los polos magnéticos son semejantes en muchos aspectos, pero la diferencia fundamental es que **los polos magnéticos siempre se presentan en parejas.**

Por ejemplo, si un imán se divide, cada trozo tiene un polo norte y sur, creando así un nuevo imán.

Fuerza ejercida por un campo magnético

Cuando una carga q posee velocidad v en un campo magnético, aparece una fuerza proporcional a q y a v, y al seno del ángulo que forman v y al campo magnético B.

La fuerza es perpendicular a ambos, velocidad v y campo magnético B.

Fuerza magnética sobre la carga q que se mueve con velocidad v en un campo magnético B es igual a el producto vectorial de qv x B.

$\vec{F}=q\,\vec{v}\times\vec{B}$ (producto vectorial)

Si q es positiva, F esta dirigida en el mismo sentido que v x B.

Esta ecuación define el campo magnético en función de la fuerza ejercida sobre una carga móvil. La unidad del SI del campo magnético es el **tesla (T)**, una unidad bastante grande.

$$1\,T=1\,\frac{N}{Cm/s}=1\,N/A\cdot m$$

Una unidad que se usa comúnmente es el Gauss (G), donde $1\,G=10^{-4}\,T$; debe convertirse de Gauss a Tesla antes de trabajar, ya que no es una unidad del SI.

Corriente por cable situado dentro de campo magnético

Cuando circula una corriente por un cable situado dentro de un campo magnético, existe una fuerza que se ejerce sobre el conductor que es la suma de las fuerzas magnéticas sobre las partículas cargadas cuyo movimiento produce la corriente.

Entonces: $\vec{F}=(q\,\vec{v}_d\times\vec{B})\,n\,AL$

B campo magnético; q carga; vd velocidad desplazamiento portadores de carga (velocidad media); n numero de cargas por unidad de volumen, AL volumen del segmento de cable.

La corriente que circula es $I=n\,q\,v_d\,A$

Entonces, la fuerza magnética sobre un segmento de alambre portador de corriente es

$\vec{F}=I\,\vec{L}\times\vec{B}$

donde L es un vector cuyo modulo es la longitud del hilo, y dirección paralela a la corriente en el mismo sentido.

Fuerza magnética sobre un elemento de corriente

Esto sirve para un conductor de forma arbitraria en el interior de un campo magnético cualquiera. Se elige un segmento dl suficientemente pequeño, y la fuerza es:

$$d\vec{F} = I\, dl \times B$$

La magnitud I dl es el **elemento de corriente**, la cual es la suma (integrando) de todos los elementos de corriente, y usando el campo apropiado B en cada uno de ellos.

Lineas de campo magnético

La dirección y el sentido del campo vienen indicados por la dirección y el sentido de las lineas de campo, y el modulo del campo por su densidad.

Es importante notar que, a diferencia del campo eléctrico:

1. Las lineas de campo magnético son perpendiculares a la fuerza magnética sobre una carga móvil.
2. Las lineas de campo magnético son cerradas (por existir + - siempre)

Movimiento de carga puntual en campo magnético

La fuerza magnética que actúa sobre una partícula cargada que se mueve a través de un campo magnético es siempre **perpendicular** a la velocidad de la partícula.

La fuerza magnética modifica la dirección de la velocidad pero **NO** su modulo. Los campos magnéticos **no** realizan trabajo sobre las partículas y **no** modifican su energía cinética.

Periodo del movimiento circular del ciclotrón

Es el caso especial en que la velocidad de una partícula es perpendicular a un campo magnético uniforme.

$$T = \frac{2\pi(mv/qB)}{v} = \frac{2\pi m}{qB}$$ } Periodo del ciclotrón

$$f = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$$ } Frecuencia del ciclotrón (inversa del periodo)

De modo que $\omega = 2\pi f = \frac{q}{m} B$

Espiras de corriente

Una espira portadora de corriente no experimenta ninguna fuerza neta cuando se encuentra en un campo magnético uniforme, pero sobre ella se ejerce un par que tiene a girarla.

La fuerza resultante que actúa sobre una espira de corriente en un campo magnético uniforme es nula.

La orientación de la espira se describe con un vector unitario $\hat{n}$

El momento dipolar magnético de una espira de corriente es $\vec{\mu} = NIA\,\hat{n}$

Momento sobre una espira de corriente $\tau = \vec{\mu} \times \vec{B}$

Energía potencial de un dipolo magnético

Energía potencial de un dipolo magnético que forma un ángulo con un campo magnético.

$$U = -\mu B \cos\theta = -\vec{\mu} \cdot \vec{B}$$

Campo magnético creado por cargas puntuales en movimiento

Cuando una carga puntual q se mueve con velocidad v, se produce un campo magnético B en el espacio dado por (solo valido para velocidades mucho menores a la luz)

$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\vec{v}\times\hat{r}}{r^2}$ donde μ_0 es la constante **permeabilidad del espacio libre.**

$$\mu_0=4\pi\times10^{-7}\,T\cdot m/A=4\pi\times10^{-7}\,N/A^2$$

Nota: B debe estar en teslas, q en culombios, v en metros por segundo y r en metros.

Campo magnético creado por corrientes eléctricas

Campo magnético producido por un elemento de corriente, Ley de Biot y Savart

$$d\,\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{\vec{I}\,dl\times\hat{r}}{r^2}$$

El campo magnético debido a la corriente total que circula por un circuito puede calcularse, usando esta ley para calcular el campo debido a cada elemento de corriente y luego integrando (sumando) para todos los elementos de corriente. Este calculo es difícil excepto en los casos de circuitos de geometría simple *(ver libro de Tipler para casos resueltos)*

Ley de gauss para el magnetismo

Las lineas del campo magnético atraviesan el imán de sur a norte. Son curvas cerradas.

Si un extremo de una barra magnética esta incluido en una superficie gaussiana, el numero de lineas del campo magnético que dejan la superficie es exactamente igual al numero de las que entran en ella.

Es decir, el flujo neto del campo a través de cualquier superficie **cerrada** S es siempre **cero**.

$$\Phi_{m,\,neto}=\oint_S B_n\,dA=0$$

Esto es así debido a que no existen polos magnéticos aislados. La unidad fundamental del magnetismo es el dipolo magnético.

Ley de Ampére

La ley de Ampére relaciona la integral de linea de la componente tangencial B, alrededor de una curva cerrada C con la corriente I_C que atraviesa la superficie limitada por dicha curva.

$\oint_C B_t\,dl=\oint_C \vec{B}\cdot dl=\mu_0 I_C$; C es cualquier curva cerrada

La ley de Ampére se cumple para cualquier curva siempre y cuando las corrientes sean estacionarias y continuas, y existe un alto grado de simetría.

Inducción magnética

Las fems y las corrientes causadas por los flujos magnéticos variables se denomina **fems inducidas** y **corrientes inducidas**, el proceso se denomina **inducción magnética**.

Una fem inducida cuando un conductor se mueve en una región en la que existe campo magnético se denomina **fem de movimiento.**

Flujo magnético

$$\Phi_m = \int_S \vec{B} \cdot \hat{n}\, dA = \int_S B_n\, dA$$

dA elemento de área ; n vector unitario perpendicular al elemento

La unidad es el tesla metro cuadrado llamado weber (Wb): $1\, Wb = 1\, T \cdot m^2$

Si la superficie es un plano de área A y B es constante en modulo, dirección y sentido sobre la superficie el flujo que atraviesa la superficie es:

$$\Phi_m = \vec{B} \cdot \hat{n}\, A = BA \cos\theta = B_n\, A$$

Si es una bobina, N es las vueltas de alambre, y A el área que encierra una de estas vueltas, entonces $\Phi_m = NBA \cos\theta$

FEM inducida y ley de Faraday

Si el flujo magnético a través de un área rodeada por un circuito varia por cualquier medio, se induce una fem que es igual en modulo a la variación por unidad de tiempo del flujo que atraviesa el circuito.

$$\xi = -\frac{d\,\Phi_m}{dt}$$ } Ley de Faraday

FEM inducida en un circuito estacionario en un campo magnético variable

$$\xi = \oint_C \vec{E} \cdot dl = \frac{-d}{dt} \oint_S \vec{B} \cdot \hat{n}\, dA = -\frac{d\,\Phi_m}{dt}$$

Ley de Lenz

La fem y la corriente inducidas poseen una dirección y sentido tal que tienen a oponerse a la variación que las produce.

Fem de movimiento

La fem de movimiento es toda fem inducida por el movimiento de un conductor en un campo magnético.

El modulo de la fem para una varilla que se mueve perpendicularmente a ella misma y a B

$$\xi = v \vec{B} l$$

Diferencia de potencial entre los extremos de una varilla en movimiento

$$\Delta V = v \vec{B} l - Ir$$

La ecuación general para la fem en movimiento es

$$\xi = \oint_C (v \times \vec{B}) \cdot dl = -\frac{d\,\Phi_m}{dt}$$

Corrientes de Foucault o turbillonarias

Corrientes circulantes en un trozo de metal (ej: núcleo de un transformador), llamadas corrientes de Foucault o turbillonarias.

Inductancia

Auto inducción

Teniendo una bobina por donde circula una corriente I, L es una constante llamada **auto inducción.**

$L = \frac{\Phi_M}{I}$ } Auto inducción

Auto inducción de un solenoide

$$L = \frac{\Phi_M}{I} = \mu_0 n^2 A l$$

Diferencia de potencial entre los extremos de un inductor

$$\Delta V = \xi - I r = -L \frac{dI}{dt} - Ir$$

Donde r es la resistencia interna del inductor, para un inductor ideal r = 0.

Inductancia mutua

Cuando dos circuitos están próximos uno al otro, el flujo magnético que atraviesa uno de ellos depende no solo de la corriente en este circuito, sino también de la corriente que circula por los circuitos próximos.

$\Phi_{m2,1} = M_{2,1} I_1$ en donde $M_{2,1}$ es la inductancia mutua de los dos circuitos.

Energía magnética

Un inductor almacena energía magnética del mismo modo que un condensador almacena energía eléctrica.

Se puede aplicar la ley de mallas de Kirchhoff en los circuitos. *(Ver libro Tipler pg 848)*

$$\xi_0 - IR - L \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\xi_0 I = I^2 R + LI \frac{dI}{dt}$$

Energía almacenada en un inductor

$$U_m = \frac{1}{2} L I^2$$

Densidad de energía magnética

$$u_m = \frac{B^2}{2 \mu_0}$$

Circuitos RL

Un circuito que contiene una resistencia y un inductor. *(Ver libro Tipler pg 850)*

Diferencia de potencial entre los extremos de un inductor

$$\Delta V = \xi - Ir = -L\frac{dI}{dt} - Ir$$

Inductor al que se le suministra energía por medio de una batería

En un circuito RL, formado por una resistencia R, una inductancia L y una batería de fem en seria, la corriente no alcanza su valor máximo I instantáneamente, sino que tarda cierto tiempo. Si la corriente es inicialmente cero, su valor al cabo de cierto tiempo t viene dado por:

$$I = \frac{\xi_0}{R}\left(1 - e^{-t/\tau}\right) = I_f\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Constante de tiempo

$$\tau = \frac{L}{R}$$

Desconexión del inductor en presencia de una resistencia

En un circuito de resistencia R e inductancia L, la corriente no cae a cero instantáneamente, sino que decrece de forma continua. Si la corriente inicial es I_0, su valor un instante de tiempo después puede calcularse mediante su evolución temporal, la cual viene dada por la expresión: $I = I_0 e^{-t/\tau}$

[sin terminar, falta el capitulo 29 – circuitos de corriente alterna]