5-4 LEYES DEL MAGNETISMO.

Los polos iguales se repelen y los polos distintos se atraen.

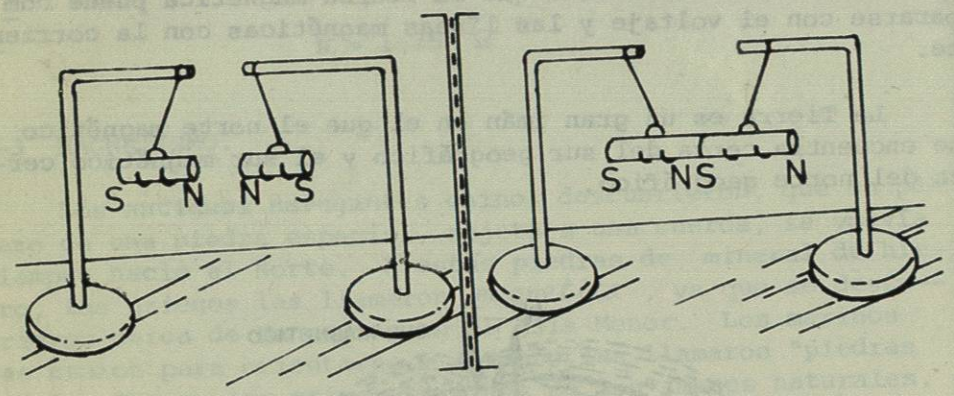

Fig. 5-B.

Una teoría aceptada indica que las moléculas de una barra imantada, actúan como imanes diminutos, y se ordenan en línea, de tal modo que sus polos Norte y Sur se encuentran juntos (fig. 6). Por lo tanto, al caerse y golpearse un imán o al aplicarle calor, se pueden desmagnetizar debido a que las moléculas pueden quedar en desorden.

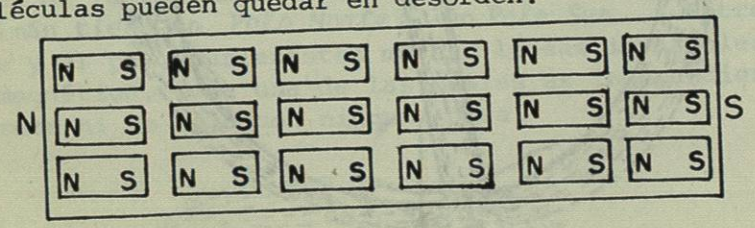

Fig. 6

5-5 LEY DE COULOMB PARA LOS POLOS MAGNÉTICOS.

Para un estudio de la ley de la fuerza entre los polos, se usan imanes especialmente diseñados. La necesidad de esto se recuerda que los polos magnéticos sueltos no pueden aislarse por rotura de un imán en dos. Los imanes especiales consisten en varillas delgadas de acero de unos 45 cm de largo, con una pequeña bola de acero en cada uno de los polos. Cuando se magnetizan, los polos N y S se concentran en las bolas de acero como se muestra en la fig. 7.

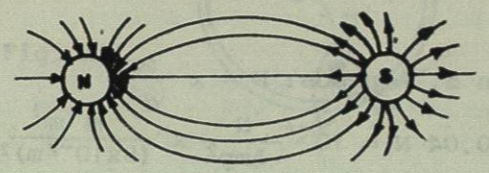

Fig. 7.

Coulomb fué el primero en encontrar que *la fuerza que actúa entre dos polos magnéticos es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ellos.*

$$F = X\frac{mm^1}{d^2} \qquad (5)$$

donde:

F = es la fuerza (N)
m y m^1 = son las intensidades de los polos (Amp - m)
X = constante de proporcionalidad

$$= 10^{-7}\frac{\text{Weber}}{\text{Amp - m}} \quad ó \quad 10^{-7}\frac{N}{Amp^2}$$

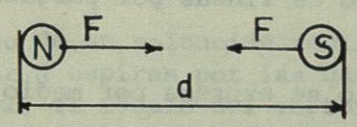

Fig. 8.

Si los imanes son largos y la distancia "d" es relativamente pequeña, la fuerza de repulsión entre los polos extremos será insignificante.

Ejemplo 5. Dos polos magnéticos S de igual intensidad ejercen una fuerza de 0.04 N uno sobre el otro cuando están separados 8 cm. Encontrar la intensidad del polo.

Solución:

Por la ecución 5, tenemos: $F = x \frac{mm^1}{d^2}$

$$0.04\ N = 10^{-7} \frac{N}{Amp^2} \times \frac{m\ m^1}{(8x10^{-2}m)^2}$$

Pero como los dos polos son iguales:

$$0.04\ N = 10^{-7} \frac{N}{Amp^2} \times \frac{m^2}{(8x10^{-2}m)^2}$$

$$m^2 = \frac{0.04\ N \times (8x10^{-2})^2\ m^2 Amp^2}{10^{-7}N}$$

$$m^2 = 2.56 \times 10^7\ Amp^2\ m^2$$

$$m = 5.06 \times 10^3\ Amp\ m.$$

Las numerosas líneas invisibles de fuerza magnética que rodean a un imán recibe el nombre de *flujo magnético*. Si es un imán potente, las líneas serán más densas. Así, la potencia de un campo magnético puede determinarse por su densidad de flujo, o el número de líneas por pulgada cuadrada o por centímetro cuadrado.

La densidad de flujo se expresa por medio de la ecuación:

$$\boxed{\emptyset = BA} \qquad (6)$$

donde:

B = densidad de flujo $\left(\frac{webers}{m^2}\right)$ ó $\left(\frac{maxwells}{cm^2}\right)$

$\emptyset$ = número de líneas de fuerza magnética.

A = área de la sección de corte transversal (m^2 o cm^2)

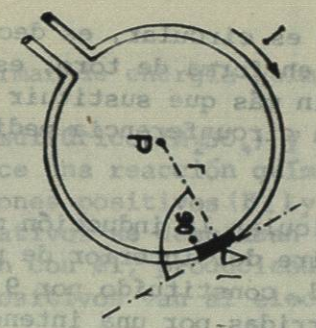

Fig. 11.

Ejemplo 7. Una bobina circular, constituída por 40 espiras de conductor, tiene un diámetro de 32 cm. Hallar la intensidad de corriente que debe circular por ella para que la inducción magnética en su centro sea de 3×10^{-4} Teslas (T).

Solución:

Por la ecuación 9, tenemos:

$$I = \frac{Br}{2\pi X N}$$

$$I = \frac{3x10^{-4}\ wb/m^2 \times .16\ m}{2x3.14x10^{-7}\ \frac{wb}{A-m} \times 40}$$

$$I = 1.9\ A$$

En el caso de un solenoide rectilíneo de longitud ℓ, constituído por N espiras por las que circula una corriente de intensidad I, el módulo del vector inducción magnética, en cualquier punto de su eje, vale:

$$\boxed{B = x \frac{4\pi N I}{\ell}} \qquad (10)$$

Si el solenoide es circular, es decir, N espiras arrolladas sobre un núcleo en forma de toro, es válida la misma expresión anterior, sin más que sustituir la longitud ℓ por la correspondiente a la circunferencia media del toro.

Ejemplo 8. Calcular la inducción magnética en el centro del núcleo de aire del interior de un solenoide rectilíneo de gran longitud, constituído por 9 espiras de conductor por centímetro recorridas por una intensidad de 6 A.

Solución:

Por la ecuación 10, tenemos:

$$B = \times \frac{4\pi N I}{\ell}$$

$$= 4\pi \times \frac{N}{\ell} I$$

$$= 4\pi \times 10^{-7} \frac{wb}{Am} \times \frac{9 \text{ espiras}}{10^{-2} \text{ m}} \times 6 \text{ A}$$

$$= 6.8 \times 10^{-3} \text{ wb/m}^2$$

$$= 6.8 \times 10^{-3} \text{ Teslas.}$$

5-7 REGLA DE LA MANO IZQUIERDA.

La regla de la mano izquierda para un conductor puede usarse para determinar la dirección del campo. Simule tomando el conductor con la mano izquierda, extienda el pulgar en la dirección en que circula la corriente. Sus otros dedos indicarán la dirección circular del campo magnético.

un medio para transformar de energía química en eléctrica.

Si se usa ácido sulfúrico (H_2SO_4) y agua (H_2O) como electrolito, se produce una reacción química. El ácido sulfúrico se divide en iones positivos (H_2) y en iones negativos (SO_4). Los iones negativos se desplazan hacia el electrodo del zinc y se combinan con él, produciendo sulfato de zinc ($ZnSO_4$) y los iones positivos van al electrodo del carbono.

Otra fuente de electricidad es la pila seca, que consiste en un recipiente de zinc que actúa como electrodo negativo. En su centro se encuentra una barrita de carbono, que es el electrodo positivo. Alrededor de la barrita de carbono existe una pasta de carbono molido, dióxido de manganeso (MnO_2) y sal de amoníaco (cloruro de amonio). El MnO_2 actúa como despolarizador y el carbono molido aumenta la efectividad de la pila seca, al reducir su resistencia interna.

Existen algunas novedades, tales como la pila de mercurio y las pilas recargables de níquel y cadmio.

Además, es muy común las pilas simples llamadas baterías. En realidad una batería consiste en dos o más celdas que se mencionan en un receptáculo.

Es importante saber y comprender la finalidad y los resultados de conectar las celdas en grupos.

En una conexión serie de celdas, la terminal positiva de una celda se conecta a la negativa de otra celda y así sucesivamente, hasta conectar todas las celdas que querramos. En este caso, la tensión de salida será:

$$\boxed{Es = E_{\text{una celda}} \times n} \qquad (11)$$

donde n es el número de celdas.

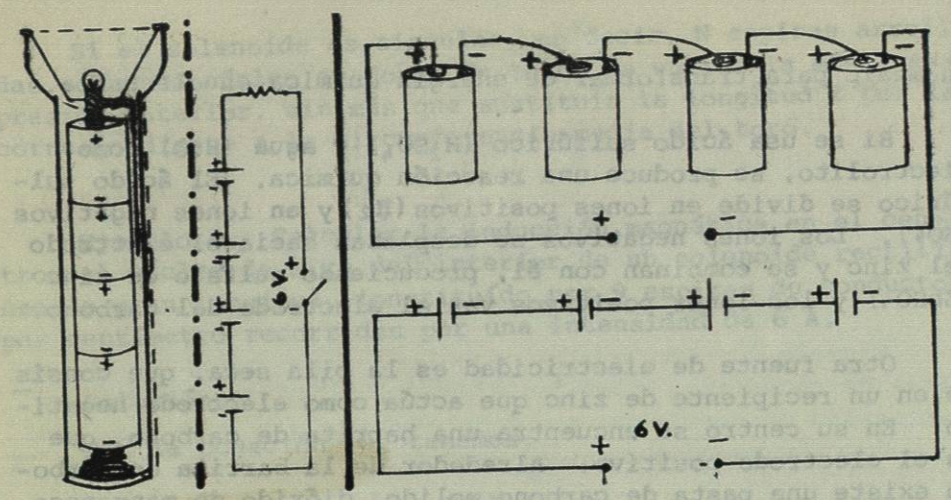

Fig. 14.

E_{total} = 1.5 V/celda x 4 celdas

= 6 volts.

En la conexión en paralelo, se unen todos los negativos y todos los positivos, como se muestra en la figura 14, y se obtiene el voltaje de una de ellas, pero tiene más durabilidad.

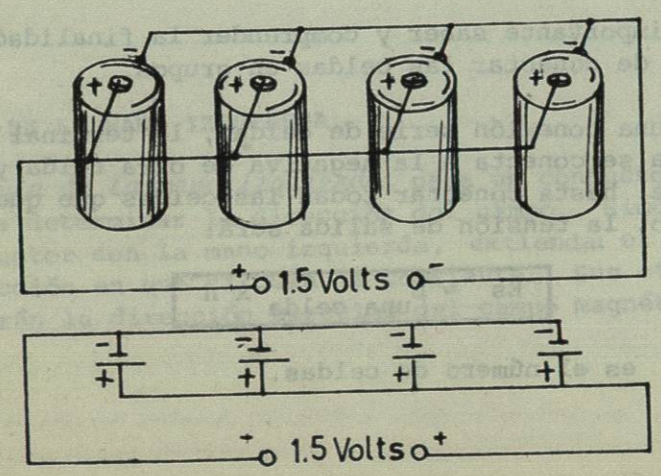

Fig. 14-A.

Se tienen otras fuentes, tales como los acumuladores de los automóviles (celdas de plomo y ácido), las foto-celdas (transforman la luz en corriente eléctrica), termopares (energía calorífica en corriente eléctrica) y el origen de la electricidad por medio de la distorsión mecánica de un cristal, efecto piezo eléctrico. Y las fuentes más importantes la transformación de energía mecánica en eléctrica, por medio del dínamo y el generador.

5-9 GENERADORES.

Si la electricidad produce magnetismo, ¿podrá el magnetismo producir electricidad? Gracias a las investigaciones y descubrimientos del Sr. Michael Faraday, se desarrolló el dinamo eléctrico.

Con el fin de producir una corriente eléctrica, debe existir un campo magnético, un conductor y movimiento relativo entre el campo y el conductor. *Un generador* es un dispositivo que transforma la energía mecánica en eléctrica. El método más conveniente y práctico para producir un movimiento relativo entre un campo magnético y un conductor, es suspender una bobina giratoria dentro del campo. A dicha bobina se le llama *armadura* del generador.

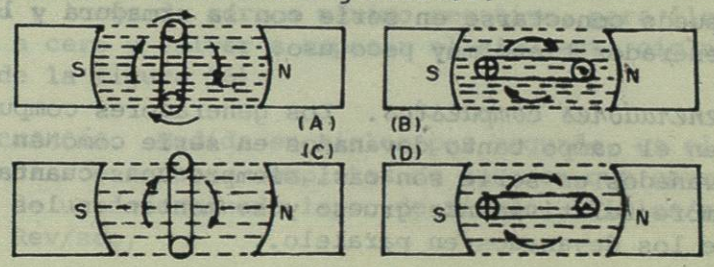

Fig. 15.

En cada caso (fig. 15), la corriente inducida en el conductor forma un campo magnético en torno a él, que se opone al campo fijo o es repelida por éste. Esta oposición al conductor en movimiento debe de existir y es preciso aplicar una forma de fuerza mecánica para vencer esa oposición. En las grandes centrales de energía eléctrica se utiliza la - -

fuerza hidráulica o de vapor para hacer girar a los generadores.

La potencia del voltaje inducido en una bobina giratoria depende de:

1.- El número de líneas magnéticas de fuerza a las que toca la bobina.

2.- La velocidad a la cual el conductor se mueve a través del campo.

5-10 TIPOS DE GENERADORES.

Generador en paralelo. El inconveniente de tener que disponer de una fuente separada de corriente directa para la excitación del campo, condujo al desarrollo del generador en paralelo, en el que una parte de la corriente generada se usa para excitar los campos. Los devanados están formados por muchas vueltas de alambre relativamente delgado y en realidad, se utiliza solo una parte de la corriente generada. Es un ejemplo, el generador de un automóvil.

Generador en serie. Los devanados de campo de un generador puede conectarse en serie con la armadura y la carga. Este generador tiene muy poco uso.

Generadores compuestos. Los generadores compuestos utilizan en el campo tanto devanados en serie como en paralelo. Los devanados en serie son casi siempre unas cuantas vueltas de alambre relativamente grueso y se montan en los mismos polos que los devanados en paralelo.

5-11 CORRIENTES ALTERNA Y DIRECTA.

Si comparamos la corriente alterna con la corriente directa, ésta última fluye en una sola dirección en un circuito mientras que la primera invierte periódicamente su dirección de flujo.

En la corriente directa, el voltaje de la fuente no cambia de polaridad y en la corriente alterna, cambia periódicamente entre positiva y negativa. En la gráfica de la figura 16 se ilustra lo anterior. Comenzando en cero, el voltaje aumenta al máximo en la dirección positiva y vuelve a cero; a continuación sigue bajando, en la parte negativa del diagrama y vuelve otra vez a cero.

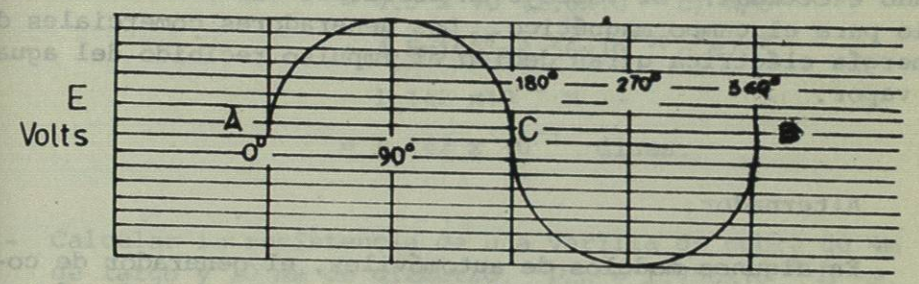

Fig. 16.

Con la misma gráfica, podemos establecer lo siguiente:

Ciclo. Es una secuencia o cadena de sucesos que van en determinados lapsos de tiempo. Para nuestro caso, es la realización de la trayectoria de cero a máximo positivo, de este a cero y luego de cero a máximo negativo, para llegar otra vez a cero y volver a empezar el siguiente ciclo. (Sección AB de la figura 16).

Frecuencia. Medida en ciclos por segundo, es el número de secuencias o cadenas completas de sucesos que ocurren en el curso de un determinado lapso de tiempo. Ciclos/seg, Rev/min, Rev/seg,

Período. El espacio de tiempo de un ciclo.

Amplitud. Elevación máxima de la onda.

Generador de corriente alterna.

El generador de corriente alterna es similar en muchos aspectos al de corriente directa,con una salvedad, se omite el conmutador. Las terminales de las bobinas de la armadura se conectan a anillos deslizantes.

El campo giratorio se excita por medio de los anillos deslizantes y escobillas, gracias a un generador externo,llamado *excitador*. El voltaje en corriente directa es necesario para el campo magnético. Los generadores comerciales de energía eléctrica giran debido al impulso recibido del agua o vapor.

Alternador.

En algunos modelos de automóviles, el generador de corriente directa, ha sido reemplazado por un generador de corriente alterna, llamado *alternador*. En la salida de la corriente alterna se *rectifica*, transformándose en corriente directa para cargar la batería y otros dispositivos eléctricos del automóvil. Según los fabricantes se cuenta con un mayor rendimiento a velocidades más bajas y un mantenimiento carente de problemas.

PROBLEMAS PARA ANALIZAR.

1.- El núcleo del átomo de helio tiene una carga de +2e y el del neón de +10e. Hallar la fuerza de repulsión entre ambos núcleos situados a una distancia de 2 milímicras.

Solución:

Por la ecuación 1, tenemos: 1 milimicra = 10^{-9} m.

$$F = K \frac{Q_1 Q_2}{d^2}$$

$$= 9\times10^{9} \frac{N\text{-}m^2}{c^2} \times \frac{2e\times10e}{(2\times10^{-9}m)^2}$$

$$= 4.5 \times 10^{28} e^2 \ N/c^2$$

Pero e = 1.6×10^{-19} c, entonces tenemos:

$$= 4.5 \times 10^{28}(1.6\times10^{-19} c)^2 \ N/c^2$$

$$= 4.5\times10^{28} \times 2.56\times10^{-38} c^2 N/c^2$$

$$= 1.142 \times10^{-9} \ N$$

$$= 1.142 \times 10^{-4} \ \text{dinas.}$$

2.- Calcular la resistencia de una varilla de cobre de 4m de largo y 10 mm de diámetro. $\rho_{cu} = 1.756\times10^{-8}\ \Omega$ -m.

Solución:

Por la ecuación 4, tenemos:

$$R = \rho \frac{\ell}{A}$$

Dado que el área de un círculo es: $A = .784\ D^2$.

$$= \frac{1.756\ \Omega\text{-m} \times 4\ m}{.784\times(.01\ m)^2} \times 10^{-8}$$

$$= 8.96 \times 10^{-4}\ \Omega$$

3.- Calcular el tiempo necesario para que pase una carga eléctrica de 36000 c a través de una celda electrolítica que absorbe una corriente de 5A de intensidad.

Solución:

Por la ecuación 2, tenemos:

$$t = Q/I$$

$$= \frac{36000\ c}{5A}$$

$$= \frac{36000\ c}{5\ c/seg}$$

$$= 7200\ seg$$

$$= \frac{7200\ seg}{3600\ seg/hr}$$

$$= 2\ hr.$$

4.- Dos polos magnéticos S de 50 A - m cada uno, situados a 10 cm uno del otro. ¿Qué fuerza ejercerían?

Solución:

Por la ecuación 5, tenemos:

$$F = x\ \frac{mm^1}{d^2}$$

$$= 10^{-7}\ \frac{N}{A^2}\ x\ \frac{50A\text{-}m\ x\ 50A\text{-}m}{(.1\ m)^2}$$

$$= \frac{2.5\ x\ 10^{-4}\ N - m^2}{10^{-2}\ m^2}$$

$$= 2.5\ x\ 10^{-2}\ N$$

5.- Calcular la inducción magnética en un punto del aire a 8 cm de un conductor rectilíneo por el que circula una corriente de 10 A de intensidad.

Solución:

Por la ecuación 7, tenemos:

$$B = x\ \frac{2\pi I}{r}$$

$$= 10^{-7}\ \frac{wb}{A\text{-}m}\ x\ \frac{2\ x\ 3.14\ x\ 10A}{.08m}$$

$$= 785.4x\ 10^{-7}\ T$$

6.- Calcular la inducción magnética en el centro del núcleo de aire del interior de un solenoide rectilíneo de gran longitud, constituido por 12 espiras de conductor por centímetro, recorridas por una intensidad de 8 A.

Solución:

Por la ecuación 10, tenemos:

$$B = x\ \frac{4\pi N\ I}{\ell}$$

$$= 10^{-7}\ \frac{wb}{A\text{-}m}\ x\ \frac{4\pi\ x\ 12\ espiras\ x\ 8A}{10^{-2}m}$$

$$= 1.204\ x\ 10^{-2}\ T$$

AUTOEVALUACIÓN DEL CAPÍTULO V.

1.- Calcular la fuerza ejercida entre dos cargas iguales de 1c, separadas en el aire una distancia de 1 Km.
{F= 9000 N}

2.- Hallar la fuerza ejercida entre dos electrones libres separados 1A° ($A° = 10^{-10}$ m).
{F= 23.04 x 10^{-9} N}

3.- Calcular la resistencia de un alambre de cobre de 80 m de largo y 0.5 cm de diámetro. $\rho_{cu} = 1.756 \times 10^{-8}$ Ω-m.
{R= 0.0716}

4.- Calcular la resistencia de una varilla de cobre (cuadrada) de 1 cm por lado y de 6 m de longitud.
{R = 10.536×10^{-4} Ω}

5.- Por un cable circulan 72,000 c en 2 hr. Calcular la corriente.
{I= 10 A}

6.- A través de una celta electrolítica se absorbe una corriente de 8 A durante 36 minutos. Calcular la carga eléctrica.
{Q= 17,280 c}

7.- Dos polos magnéticos N de 80 A-m cada uno, ejercen una fuerza de repulsión de 0.5 N. Calcular la distancia a que se encuentran.
{d = 35.77×10^{-3} m}

8.- Dos polos magnéticos S, ejercen una fuerza de 0.06 N estando a una distancia de 0.08 m. Calcular los A-m de cada polo.
{m= m^1= 61.96 A-m}

9.- Calcular la inducción magnética en un punto en el aire a 15 cm de un conductor rectilíneo por el que circula una corriente de 15 A.
{B= 2×10^{-5} Teslas.}

10.- Si la inducción magnética de un conductor rectilíneo a un punto situado a 0.2 m es de 2.5×10^{-6} T. Calcular la corriente que circula por el conductor.
{I= 2.5 A}

11.- Una bobina circular constituida por 80 espiras, tiene un diámetro de 50 cm. Si la intensidad de la corriente es 5 A, ¿cuál será el valor de la inducción magnética en sucentro?
{B= 100.53×10^{-5} Teslas.}

12.- En el problema anterior, cambiar la corriente a 8 A.
{B= 160.85×10^{-5} Teslas.}

13.- Calcular la inducción magnética en el centro del núcleo de aire del interior de un solenoide rectilíneo de gran longitud, constituido por 15 espiras de conductor por centímetro, recorridos por una intensidad de 12 A.
{B= 2262×10^{-5} Teslas.}