

## El fenómeno electromagnético

<b>Oersted</b>	Una corriente eléctrica produce un campo magnético capaz de desviar una brújula.	<b>ELECTROMAGNETISMO</b>
<b>Faraday</b>	En un conductor que se mueve en un campo magnético se crea una f.e.m.	

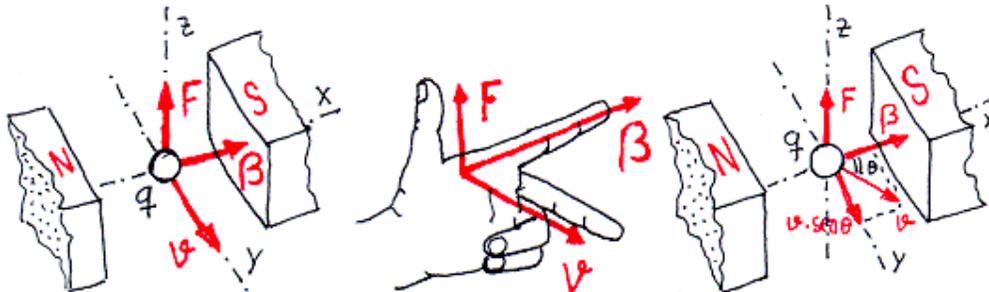
*Una carga eléctrica en movimiento crea un campo eléctrico y un campo magnético en el espacio que le rodea.*

El **campo eléctrico** pone de manifiesto las fuerzas de atracción o repulsión, en la dirección que une ambas cargas, dadas por la ley de Coulomb:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{q \cdot q'}{r^2}$$

El **campo magnético** pone de manifiesto fuerzas perpendiculares a la trayectoria de una carga móvil que pase por él (regla de Fleming), de valor:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{\beta}$$

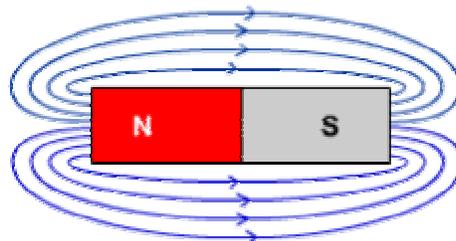


## Flujo y densidad de flujo magnético

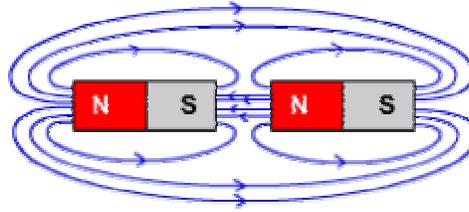
### FLUJO MAGNÉTICO ( $\Phi$ )

El campo magnético en torno a un imán puede ponerse de manifiesto esparciendo limaduras de hierro sobre un papel o cristal colocado sobre un imán.

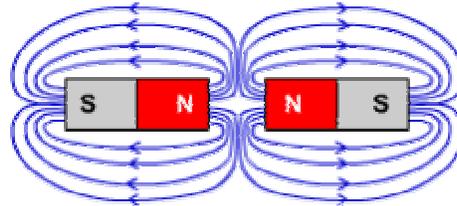
Se define como sentido de las líneas de fuerza el de norte a sur por el exterior del imán (la que señalaría el norte de una brújula puesta sobre la línea).



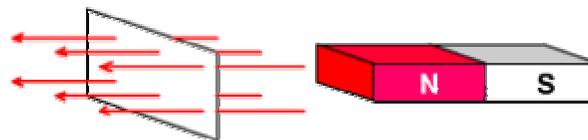
Polos de distinto signo se atraen formando un único imán cuando se juntan. Las líneas que salen del norte de uno entran en el sur del otro.



Polos de igual signo se repelen. Las líneas son todas salientes o todas entrantes según los polos aproximados.



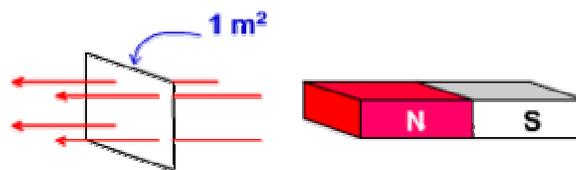
El flujo magnético es el número total de líneas de campo magnético que cruzan una superficie. Se mide en Webers (Wb).



Flujo

### INDUCCIÓN MAGNÉTICA ( $\beta$ )

Es la cantidad de líneas de campo magnético por unidad de superficie, representando la densidad de flujo magnético. Se mide en Teslas ( $T = Wb/m^2$ )



Inducción

El flujo es una magnitud escalar mientras que la inducción es una magnitud vectorial.

Para una superficie donde la inducción es constante y perpendicular a la superficie:

$$\Phi = \beta \cdot S$$

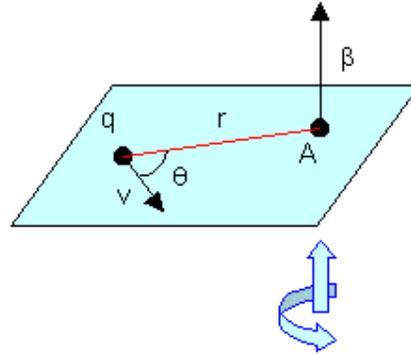
## Campo magnético creado por una carga móvil

Una carga  $q$  que se desplaza con una velocidad  $v$ , genera en un punto A un campo o inducción magnética de magnitud:

$$B = \frac{\mu_0}{4 \cdot \pi} \cdot \frac{q \cdot v}{r^2} \cdot \sin \theta$$

*Ley de Biot y Savart*

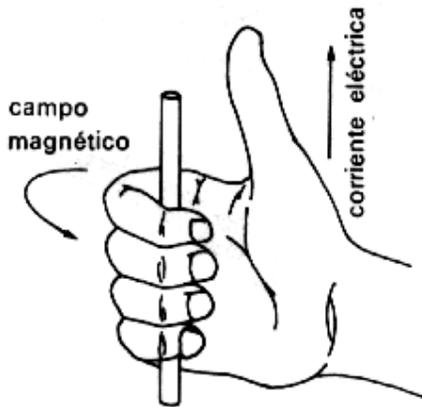
permeabilidad del vacío:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$



El vector  $\beta$  es perpendicular al plano definido por la  $v$  y  $r$ .

Su sentido lo define el avance de un sacacorchos que gire de  $v$  a  $r$  por el ángulo más corto (entra al girar como las agujas del reloj).

## Campo magnético creado por un conductor rectilíneo



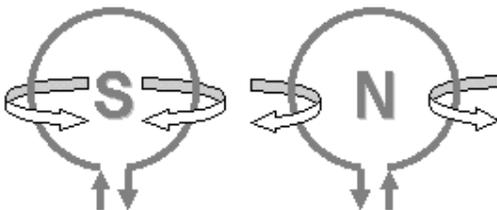
Si un *largo* conductor rectilíneo es recorrido por una corriente  $I$ , la inducción en un punto situado a una distancia  $r$  medida perpendicularmente al conductor, vale:

$$B = \frac{\mu_0}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{I}{r}$$

*Fórmula de Amper*

La dirección de la inducción será tangente a las propias líneas de inducción del campo que vienen determinadas por la regla de la mano derecha de la figura.

## Campo en el centro de una espira



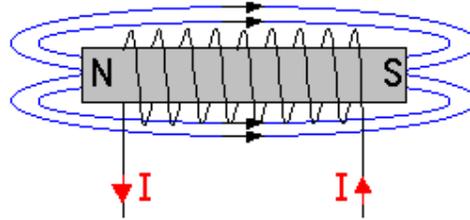
En el caso particular de una espira recorrida por una corriente  $I$ , las líneas de fuerza entran por una cara y salen por la otra, de forma análoga a los polos sur y norte de un imán. Su valor en el centro es:

$$\mathcal{B} = \frac{\mu_0}{2} \cdot \frac{I}{R}$$

## Campo magnético en el centro de un solenoide

Si en vez de una sola espira tenemos N espiras formando una bobina o solenoide cilíndrico de longitud L, la inducción en el eje central del solenoide vale:

$$\mathcal{B} = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{L}$$



permeabilidad del vacío:  $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7}$  T.m/A

Considerando  $\beta$  constante, el flujo que atraviesa la sección del núcleo será:

$$\Phi = \mathcal{B} \cdot S$$

## Excitación magnética

El campo magnético en el interior de un solenoide tiene por valor:

$$\mathcal{B} = \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I}{l}$$

Para crear altas inducciones en la bobina se pueden utilizar dos caminos:

- **Incrementar la intensidad:** pocas espiras gruesas con un alto consumo.
- **Incrementar el número de espiras:** muchas espiras delgadas con pequeñas intensidades.

A la combinación de ambos se le conoce como el concepto de "ampervueltas" ( $N \cdot I$ ) y permite mantener la inducción en los valores deseados.

Definiendo como "**excitación magnética**" a:

$$H = \frac{N \cdot I}{l}$$

La inducción creada en el interior de la bobina toma la forma:

$$\mathcal{B} = \mu_0 \cdot H$$

## Permeabilidad relativa

La permeabilidad del aire es aproximadamente igual a la del vacío y toma el valor:

$$\mu_0 = \frac{\Phi}{H} \qquad \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \frac{T \cdot m}{A}$$

Esta cifra se toma como referencia para evaluar la permeabilidad magnética de otros materiales que se expresa como producto de una constante adimensional llamada **permeabilidad relativa** por la permeabilidad del vacío.

Permeabilidad absoluta:

$$\mu = \mu_0 \cdot \mu_r$$

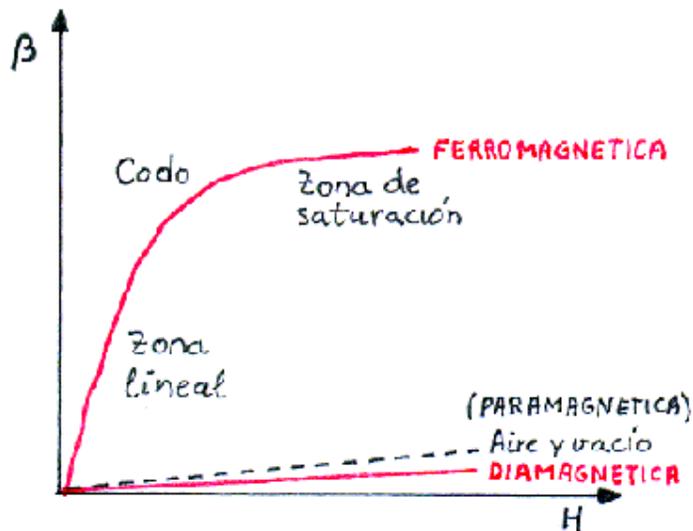
## Saturación magnética

En función del valor de la permeabilidad relativa los materiales se clasifican en:

- DIAMAGNETICOS** ( $\mu_r < 1$ ) El campo magnético en su interior es menor que el correspondiente al vacío.
- PARAMAGNETICOS** ( $\mu_r > 1$ ) El campo magnético en su interior es igual o ligeramente superior que en el vacío.
- FERROMAGNETICOS** ( $\mu_r \gg 1$ ) En su interior el campo es mucho mayor que en el vacío, incluso miles de veces mayor.

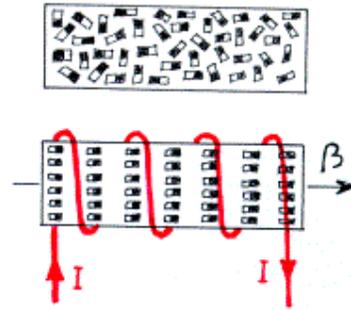
En los materiales ferromagnéticos la permeabilidad magnética no es constante y se expresa mediante una curva que presenta

- una **zona lineal**,
- un **codo de saturación**
- y una **zona de saturación**.



Este fenómeno se puede explicar suponiendo que el material ferromagnético está compuesto por un gran número de imanes elementales:

- Sin campo exterior los imanes elementales están dispuestos de forma caótica y sus efectos se neutralizan.
- Ante un campo externo, los imanes elementales se van alineando en la dirección de las líneas de fuerza del campo, reforzándolo.
- Cuando la totalidad de los imanes elementales están alineados con el campo ya no pueden reforzarlo más: *se ha alcanzado la saturación.*



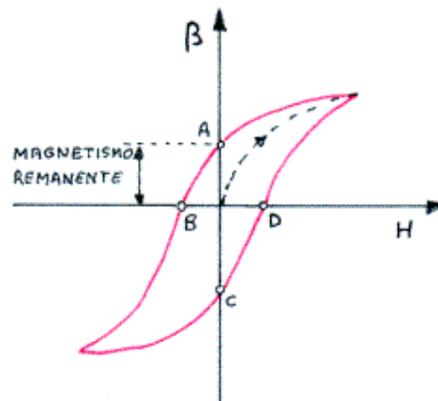
## Ciclo de histéresis

Si una vez creado un campo en un material ferromagnético reducimos la excitación magnética hasta hacerla nula, el campo no desaparece por completo, punto "A", quedando un *magnetismo remanente*. Algunos de los *imanes elementales* no regresan a su posición inicial y para eliminar el campo al que dan lugar se necesita una excitación magnética negativa (de dirección contraria), punto "B". También se puede eliminar el magnetismo remanente aportando energía: calentando el material o mediante un golpe brusco.

Si se somete el material a una corriente alterna (que cambia periódicamente de dirección) se da lugar a la curva cerrada de la figura, llamada

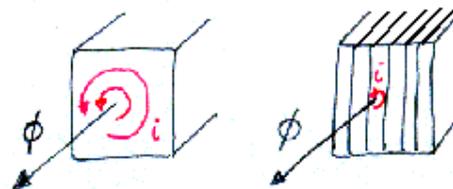
*curva de histéresis*

donde alternativamente va quedando magnetismo remanente de una y otra polaridad, puntos "A" y "C".



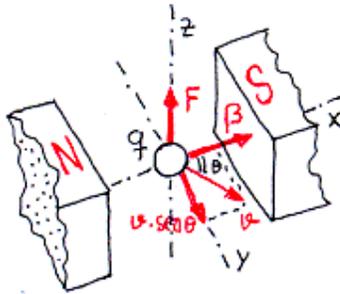
## Pérdidas en los circuitos magnéticos

Una característica de los materiales ferromagnéticos es la de dar lugar a unas pérdidas de energía por calentamiento proporcionales al área encerrada por el ciclo de histéresis. Por ello para algunas aplicaciones se buscan materiales con gran permeabilidad relativa y ciclo de histéresis estrecho.



Debido a la ley de Faraday, los flujos variables dan lugar a *corrientes parásitas* o de *Foucault* en los núcleos magnéticos que giran en torno al flujo. Su valor puede ser tan alto que se utilizan en la industria para fundir metales. Para evitarlas, los núcleos de las máquinas eléctricas se construyen con chapas paralelas en el sentido del flujo aisladas entre sí.

## Fuerza sobre una carga móvil en un campo magnético



Si una carga positiva  $q$ , se mueve con una velocidad  $v$  en un campo magnético de inducción  $\beta$ . La carga experimenta una fuerza de magnitud:

$$F = q \cdot v \cdot \beta \cdot \text{sen } \theta$$

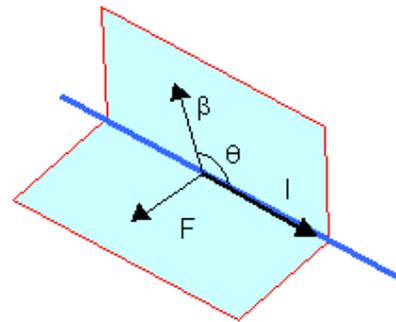
El ángulo  $\theta$  lo forman la dirección del movimiento  $v$  y la dirección del campo  $\beta$ .

El sentido de la fuerza  $F$  viene dado por el avance de un sacacorchos que gire de  $v$  a  $\beta$  por el ángulo más corto.

## Fuerza sobre una corriente

Sobre un conductor rectilíneo de longitud  $L$  por el que circula una corriente  $I$ , estando en el seno de un campo magnético de inducción  $\beta$ , se ejerce una fuerza  $F$  de valor:

$$F = I \cdot L \cdot \beta \cdot \text{sen } \theta$$



El ángulo  $\theta$  lo forman la dirección de la intensidad  $I$  y la dirección del campo  $\beta$ .

El sentido de la fuerza  $F$  viene dado por el avance de un sacacorchos que gire de  $I$  a  $\beta$  por el ángulo más corto.

## Efecto electrodinámico entre corrientes paralelas

La corriente eléctrica que circula por un conductor crea un campo magnético a su alrededor, de tal manera que al aproximar dos conductores rectilíneos se produce entre ellos una fuerza de atracción si las corrientes tienen el mismo sentido y de repulsión si tienen sentido contrario de valor:

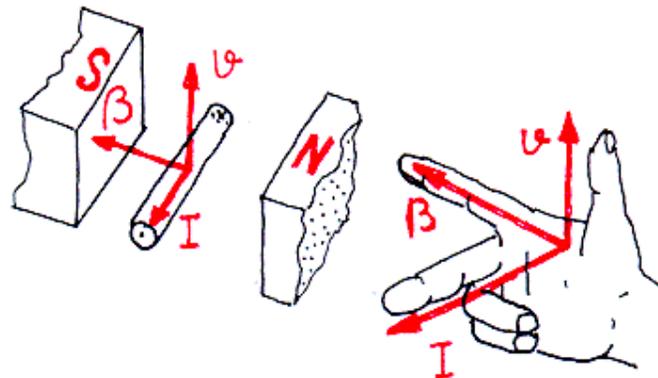
$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_1 \cdot I_2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d}$$



## Fuerza electromotriz inducida

Cuando un conductor de longitud  $L$  se mueve con una velocidad  $v$  en un campo magnético de inducción  $\beta$ . En el conductor se induce una fuerza electromotriz.

$$e = L \cdot v \cdot \beta \cdot \text{sen } \theta$$



La polaridad del conductor viene definida como positiva en el lado por el que tendería a salir la intensidad del conductor (como en los generadores o pilas). Esta intensidad seguiría la dirección de un sacacorchos que gira de  $v$  a  $\beta$  por el ángulo más corto.

La ecuación anterior puede deducirse de la **Ley de Faraday**:

*La tensión inducida es proporcional a la variación de flujo por unidad de tiempo.*

$$e = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

En una bobina con  $N$  espiras:

$$e = N \cdot \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

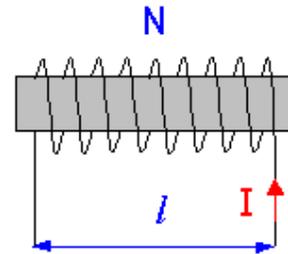
## Autoinducción

El flujo producido por una bobina es:

$$\phi = \mathcal{L} S = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N \cdot I \cdot S}{l}$$

La f.e.m. inducida en ella será:

$$e = N \cdot \frac{\Delta \phi}{\Delta t} = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S \cdot \Delta I}{l \cdot \Delta t} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$$



Logo en una bobina la f.e.m. autoinducida será:  $e = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}$

Donde:

$$L = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot \frac{N^2 \cdot S}{l}$$

L se denomina *coeficiente de autoinducción*.

La unidad de autoinducción es el Henrio (H), y se usan sus submúltiplos (mH,  $\mu$ H).

## Asociación serie de bobinas

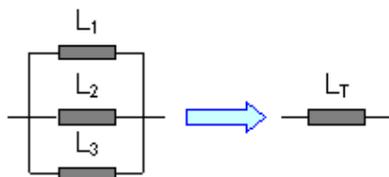
La inductancia total de un conjunto de bobinas asociadas en serie cuando no están próximas entre sí y no se influyen magnéticamente es igual a la suma de las inductancias parciales:



$$L_T = L_1 + L_2 + L_3$$

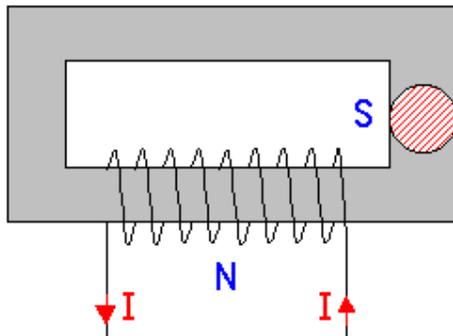
## Asociación paralelo de bobinas

La inductancia total de un conjunto de bobinas asociadas en paralelo es igual a la inversa de la suma de las inversas de las inductancias parciales.



$$L_T = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3}}$$

## Circuitos magnéticos



La fórmula:

$$\mathcal{B} = \mu \frac{N \cdot I}{L}$$

Se daría en un solenoide cuya longitud  $L$  sea mucho mayor que su radio.

Esto se podría asociar a un solenoide que se alargase y curvase hasta hacer coincidir sus extremos (toroide o anillo de Rowland).

En este caso, la longitud  $L$  sería la longitud media del núcleo del solenoide. Sin embargo la inducción sería la misma en cualquier punto del mismo.

También se puede considerar la misma inducción si el solenoide es corto pero se consigue encerrar las líneas de flujo en un circuito cerrado de longitud  $L$ .



Esto se consigue construyendo los núcleos o circuitos magnéticos con materiales cuya permeabilidad magnética  $\mu$  sea mucho mayor que la del aire, cumpliéndose en todo momento para cualquier material:

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0$$

Inducción en un solenoide:  $\mathcal{B} = \mu \frac{N \cdot I}{L}$

Al término  $N \cdot I$  se le llama **fuerza magnetomotriz** ( $F_m$ ):

$$F_m = N \cdot I \quad \text{en amperios-vuelta (Av).}$$

Se define como **intensidad de campo magnético** ( $H$ ) al término:

$$H = \frac{N \cdot I}{L} \quad \text{en amperios-vuelta por metro (Av/m)}$$

Luego:

$$\mathcal{B} = \mu \cdot H$$

El flujo viene definido por:

$$\phi = \mathcal{B} \cdot S = \mu \frac{N \cdot I}{L} \cdot S = \frac{F_m}{\frac{L}{\mu S}}$$

Se denomina **reluctancia** al término:

$$R_m = \frac{L}{\mu S} \quad \text{en amperios vuelta por weber (Av/Wb)}$$

Los términos  $\phi$ ,  $F_m$  y  $R_m$  son las variables fundamentales del circuito magnético:

$$\phi = \frac{F_m}{R_m}$$

Siendo análogos a los términos  $I$ ,  $V$  y  $R$  de la ley de Ohm.

En un circuito heterogéneo serie (distintas secciones o

$$\phi = \frac{\sum F_m}{\sum R_m}$$

(Flujo - Intensidad)  
(Fuerza magnetomotriz - Tensión)  
(Reluctancia - Resistencia)

materiales con una o más bobinas):

---

Problemas

## Electromagnetismo

### Flujo magnético e inducción magnética

1. Halla el flujo magnético que atraviesa una ventana cuadrada de 1 dm de lado si la inducción es constante de  $600 \mu\text{ T}$  perpendicular a la superficie de la ventana.

$$\Phi = 6 \mu\text{ Wb.}$$

2. Por un área de  $2\text{ cm}^2$  se establece una inducción magnética de  $0,8\text{ T}$  perpendicular a la superficie. Halla el flujo.

$$\Phi = 160 \mu\text{ Wb}$$

3. Calcula la inducción magnética en el centro de un círculo de 20 cm de diámetro si el flujo a través de dicho círculo es de  $7\text{ mWb}$ , constante y perpendicular a la superficie.

$$\beta = 0,223\text{ T.}$$

4. ¿Cuál es la inducción magnética existente en la cara plana de  $15\text{ cm}^2$  de superficie de un imán recto cuando es atravesado por un flujo magnético de  $0,003\text{ Wb}$ ? Expresar el resultado en teslas.

$$\beta = 2\text{ T.}$$

5. ¿Cuál será el flujo magnético que sale por el polo norte de un imán de  $20\text{ cm}^2$  de superficie si la inducción magnética en la misma es de  $1,5\text{ teslas}$ ?

$$\Phi\ 3\text{ mWb.}$$

Campos creados por cargas eléctricas en movimiento

6. Una espira de 4 cm de radio es recorrida por una corriente de 1 A. Halla la inducción en su centro.

$$\beta = 31,41 \mu \text{ T.}$$

7. Halla la inducción magnética en un punto situado en la superficie y en otro situado a 8 cm de un conductor rectilíneo de 2 mm de diámetro, recorrido por una corriente de 25 A.

$$\beta_1 = 0,005 \text{ T} ; \beta_2 = 61,73 \mu \text{ T.}$$

8. Calcula la intensidad necesaria para provocar una inducción de  $2,5 \cdot 10^{-5}$  T en la superficie de un hilo conductor rectilíneo de 0,5 cm de diámetro. ¿A qué distancia del eje del hilo se tiene una inducción de  $10^{-6}$ ?

$$I = 0,3125 \text{ A} ; d = 0,0625 \text{ m.}$$

9. Por un solenoide de 70 cm de longitud, 2 cm de diámetro y 1000 espiras circula una corriente de 300 mA. Halla la inducción magnética en su centro.

$$\beta = 5,385 \text{ mT.}$$

10. ¿Qué diámetro ha de tener una espira para producir  $10^{-5}$  T en su centro al circular 125 mA?

$$\phi = 5 \text{ mm.}$$

11. Calcula la inducción magnética en el centro de una bobina de 1000 espiras y 20 cm de longitud si por ella circula una corriente de 15 A.

$$\beta = 94,25 \text{ mT.}$$

12. Se dispone de una bobina con 1000 espiras de las siguientes dimensiones:  
Longitud del núcleo = 20 cm.  
Superficie del núcleo =  $10 \text{ cm}^2$ .  
Al hacer pasar una corriente de 15 A por los conductores de la bobina e introducir un núcleo de chapa magnética se mide con un fluxómetro

(aparato que mide el flujo magnético) un flujo de 1,55 mWb. ¿Cuál ha sido el aumento de la inducción magnética al introducir el núcleo magnético?

$$\Delta \beta = 1,55 - 0,094 = 1,456 \text{ T.}$$

### Fuerza sobre cargas en movimiento

13. Un electrón se mueve a  $3 \cdot 10^8$  m/s en un campo magnético entrante en el papel, de magnitud  $2 \cdot 10^{-2}$  T. Halla la intensidad y la dirección de la fuerza sobre el electrón.

$$F = 9,6 \cdot 10^{-13} \text{ N}$$

Hacia arriba si se mueve de izquierda a derecha.

14. Halla la fuerza sobre un conductor de 25 cm de longitud por el que circulan 2 A, cuando se le somete a un campo magnético perpendicular de 4 teslas.

$$F = 2 \text{ N.}$$

15. Un conductor de 10 cm de longitud se coloca perpendicularmente a un campo magnético de  $10^{-3}$  teslas. Halla la intensidad de corriente capaz de provocar sobre él una fuerza de  $10^{-3}$  N.

$$I = 10 \text{ A.}$$

16. Determina el módulo y sentido de la fuerza aplicada a un conductor vertical de 10 cm de longitud que recibe 10 A con sentido de arriba hacia abajo, si el campo magnético de 2 teslas se orienta de oeste a este.

$$F = 2 \text{ N Sur.}$$

17. ¿En qué sentido debe circular la intensidad por dos conductores paralelos para que se atraigan? ¿En el mismo sentido o en sentidos contrarios?

En el mismo sentido.

### F.e.m. inducida

18. Halla la velocidad de un hilo de 18 cm de longitud en un campo magnético de  $10^{-2}$  teslas perpendicular al movimiento para inducir 1 mV.

$$v = 0,555 \text{ m/s.}$$

19. En una bobina de 100 espiras el flujo varía a razón de 3 Wb/s. Halla la tensión inducida.

$$e = 300 \text{ V.}$$

20. Una bobina de 500 espiras se somete a la acción de un campo magnético creciente que cambia uniformemente de 5 mWb a 15 mWb en un intervalo de tiempo de 1 segundo. Averigua la f.e.m. inducida.

$$e = 5 \text{ V.}$$

21. Un conductor se desplaza a una velocidad lineal de 2 m/s en el seno de un campo magnético fijo de 1,5 teslas de inducción. Determina la f.e.m. inducida en el mismo si posee una longitud de 30 cm.

$$e = 0,9 \text{ V.}$$

22. Calcula la f.e.m. inducida en una bobina de 300 espiras cuando es sometida a un cambio regular de flujo de 30 mWb a 60 mWb en 20 ms.

$$e = 450 \text{ V.}$$

### Autoinducción

23. En una bobina de 100 mH se hace pasar una corriente desde cero hasta 10 A en 5 milisegundos. Averigua el valor de la f.e.m. autoinducida en la misma .

$$e = 200 \text{ V.}$$

24. ¿Cuál será el coeficiente de autoinducción de una bobina que, al ser sometida a un cambio de corriente de 1 a 10 A en 40 ms, produce una f.e.m. de 220 V?

$$L = 0,88 \text{ H.}$$

25. Calcula la inductancia y la resistencia de un solenoide de 1000 espiras arrolladas en una sola capa sin espacio entre ellas, sabiendo que el diámetro del solenoide es de 20 mm y el hilo de cobre tiene una sección de  $0,25 \text{ mm}^2$ .

$$L = 699,7 \mu \text{ H} ; R = 4,49 \Omega .$$

- 26.** Halla la inductancia y el número de espiras de una bobina de  $3 \text{ cm}^2$  de sección y  $20 \text{ cm}$  de longitud, si al variar la corriente en  $1 \text{ A}$  por décima de segundo, genera una tensión de  $25 \text{ mV}$ .

$$L = 2,5 \text{ mH} ; N = 1151,65 \text{ espiras.}$$

- 27.** Se dispone de dos bobinas de  $5 \text{ mH}$  y  $1 \text{ mH}$  respectivamente conectadas en paralelo y en serie con una tercera bobina de  $10 \text{ mH}$ . Halla la inductancia total.

$$L = 10,83 \text{ mH.}$$

- 28.** Un solenoide de  $10 \text{ cm}$  de longitud y  $1 \text{ cm}$  de diámetro tiene  $20$  espiras por  $\text{cm}$  en una sola capa. ¿Cuánto vale su coeficiente de autoinducción? Para una intensidad de  $0,2 \text{ A}$ , ¿cuánto valen la inducción magnética y el flujo en su interior?

$$L = 39,5 \mu \text{ H} ; \beta = 502,65 \mu \text{ T} ; \Phi = 39,5 \text{ nWb.}$$

- 29.** La inductancia de una bobina de  $1000$  espiras es  $1 \text{ mH}$ . ¿Cuál es el flujo magnético para una corriente de  $50 \text{ mA}$ ?

$$\Phi = 50 \text{ nWb.}$$

- 30.** En una bobina se duplica el número de espiras sin variar sus dimensiones. ¿En cuántas veces aumenta su inductancia?

En cuatro veces.

### Carga y descarga de bobinas

- 31.** Una bobina de  $100 \mu \text{ H}$ , inicialmente descargada, se carga con una batería de  $10 \text{ V}$  a través de una resistencia de  $100 \Omega$ . Dibujar las curvas de intensidad y tensión en la bobina al conectarse.

Tensión de  $10 \text{ V}$  a  $0 \text{ V}$  en  $5 \mu \text{ s}$ . ;

Intensidad de  $0 \text{ A}$  a  $0,1 \text{ A}$  en  $5 \mu \text{ s}$ .

### Circuitos magnéticos

- 32.** Un anillo de hierro de 50 cm de longitud media y  $1,5 \text{ cm}^2$  de área transversal tiene arrollada una bobina de 600 espiras. Para una corriente de 50 mA se tiene un flujo de  $5 \mu \text{ Wb}$ . Halla:
- La intensidad del campo magnético.
  - La permeabilidad del hierro.
  - La inducción en el núcleo.

$$H = 60 \text{ Av/m} ; \mu = 555,5 \cdot 10^{-6} \text{ T}\cdot\text{m/A} ; \beta = 33,3 \text{ mT.}$$

- 33.** Un acero trabaja a 0,6 T y permeabilidad de  $7 \cdot 10^{-3} \text{ T}\cdot\text{m/A}$ . Para un núcleo de  $3 \text{ cm}^2$  de sección y 25 cm de longitud, ¿cuánto vale la reluctancia?

$$R_m = 119047,619 \text{ Av/Wb.}$$

- 34.** Halla la reluctancia de un entrehierro (núcleo de aire) de 1 mm de longitud y  $4 \text{ cm}^2$  de sección.

$$R_m = 1,99 \cdot 10^6 \text{ Av/Wb.}$$

- 35.** Una bobina tiene una fuerza magnetomotriz de 400 Av y una reluctancia de  $2 \cdot 10^6 \text{ Av/Wb}$ . Calcula su flujo.

$$\Phi = 200 \mu \text{ Wb.}$$

- 36.** Un núcleo de acero recocido con una inducción de 0,8 T tiene una permeabilidad de  $0,0075 \text{ T}\cdot\text{m/A}$ . Si la longitud del circuito magnético es de 25 cm y la superficie transversal del núcleo es de  $4 \text{ cm}^2$ , calcular la reluctancia del circuito, así como la fuerza magnetomotriz aplicada por la bobina.

$$R_m = 83333,3 \text{ Av/Wb} ; F_m = 26,26 \text{ Av.}$$

- 37.** Si un material ferromagnético posee una permeabilidad magnética relativa de 100, calcula su permeabilidad absoluta.

$$\mu = 125,66 \cdot 10^{-6} \text{ T}\cdot\text{m/A.}$$

- 38.** Una bobina posee una fuerza magnetomotriz de 1500 Av y una

reluctancia de  $5 \cdot 10^5$  Av/Wb. Determinar:

- a. El valor del flujo.
- b. La inducción magnética si la sección del núcleo es de  $20 \text{ cm}^2$ .
- c. La intensidad del campo magnético si la longitud del mismo es de  $40 \text{ cm}$ .
- d. La permeabilidad absoluta y relativa.

$$\Phi = 0,003 \text{ Wb} ; \beta = 1,5 \text{ T} ; \mu = 0,0004 ; \mu_r = 318,31.$$

### Otros

- 39.** Determinar la densidad de flujo o inducción de un campo magnético de  $10.000 \text{ wb}$  por unidad de superficie.

$$\beta = 10000 \text{ T}.$$

- 40.** Calcula la tensión o f.e.m. inducida en un conductor, que se encuentra sometido a la acción de un campo magnético que varía su flujo de  $500$  a  $530 \text{ wb}$  en un tiempo de  $4 \text{ s}$ .

$$e = 7,5 \text{ V}.$$

- 41.** Determinar el coeficiente de autoinducción de una bobina que se autoinduce una f.e.m. de  $0,1 \text{ V}$  al existir una variación de corriente de  $35 \text{ A}$  por segundo.

$$L = 2,857 \text{ mH}.$$

- 42.** Calcula el coeficiente de autoinducción de un circuito formado por dos bobinas de  $0,1$  y  $0,08 \text{ H}$  respectivamente asociadas en paralelo.

$$L_T = 44,44 \text{ mH}.$$

- 43.** Un circuito de tres bobinas en serie tiene un coeficiente de autoinducción total de  $172 \text{ mH}$ . Calcula el coeficiente de la tercera bobina si las dos primeras son de  $100 \text{ mH}$  y  $0,012 \text{ H}$  respectivamente.

$$L_3 = 60 \text{ mH}.$$

- 44.** Dentro de un campo magnético de inducción  $10 \text{ wb/m}^2$  se lanza un electrón con una velocidad de  $3 \cdot 10^7 \text{ m/s}$  en dirección perpendicular al

campo. Calcula la fuerza magnética sobre el electrón.

$$F = 48 \text{ pN.}$$

45. Un largo hilo rectilíneo transporta una intensidad de 1,5 A. Un electrón se desplaza paralelamente al hilo, a una distancia de 10 cm de él, en el mismo sentido de la corriente y con una velocidad de  $5 \cdot 10^6$  cm/s. ¿Qué fuerza ejerce sobre el electrón móvil el campo magnético creado por la corriente?

$$F = 24 \cdot 10^{-21} \text{ N.}$$

46. Un cuadro bobinado apretadamente tiene un diámetro de 40 cm y transporta una intensidad de 2,5 A. ¿Cuántas espiras tiene si la inducción magnética en el centro del cuadro es de  $1,26 \cdot 10^{-4}$  wb/m<sup>2</sup>?

$$N = 16 \text{ espiras.}$$

47. Un solenoide de 10 cm de longitud está bobinado con 90 espiras. Si la intensidad es de 3 A, ¿cuál será la inducción magnética en el centro del solenoide?

$$\beta = 3,4 \text{ mT.}$$

48. Un anillo de Rowland que tiene 500 vueltas de hilo y un diámetro medio de 12 cm transporta una intensidad de 0,3 A. La permeabilidad relativa del núcleo es de 600. ¿Cuál es la densidad de flujo en el núcleo?

$$\beta = 500 \mu \text{ T.}$$

49. Calcula la autoinducción de un toroide que está arrollado con 100 vueltas de hilo, y tiene una circunferencia media de 20 cm, 1 cm<sup>2</sup> de sección transversal y una permeabilidad relativa de 1000.

$$L = 6,28 \text{ mH.}$$

50. Una bobina tiene una resistencia de 25  $\Omega$  y una constante de tiempo de 0,075 s. ¿Cuál es su coeficiente de autoinducción?

$$L = 1,875 \text{ H.}$$

- 51.** La resistencia de una bobina de 10 H es de  $200 \Omega$ . La bobina se conecta de pronto a una diferencia de potencial de 10 V. ¿Cuál es la intensidad final constante en la autoinducción? ¿qué tiempo transcurre desde que se cierra el circuito hasta que la intensidad alcanza el 99% de su valor final?

$$I_F = 50 \text{ mA} ; t = 0,25 \text{ s.}$$

- 52.** Χαλχυλα λα ρεσιστενχια α πονερ εν σεριε χον υνα βοβινα δε  $100 \mu\text{H}$  ψ  $2,5 \Omega$  de resistencia para que la constante de tiempo del circuito sea de 2ms.

$$R = 47,5 \Omega$$