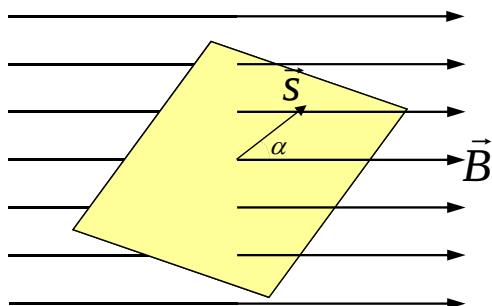


TEMA 5. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1a. FLUJO MAGNÉTICO A TRAVÉS DE CUALQUIER SUPERFICIE

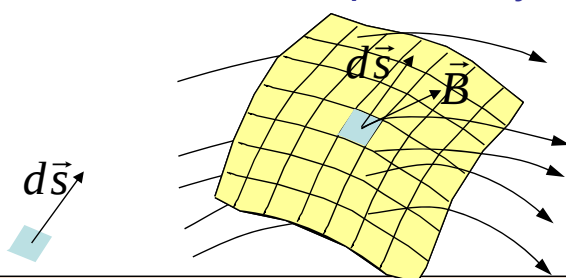
- El flujo magnético está relacionado con el número de líneas de fuerza que atraviesan una superficie.
- Depende del Campo Magnético $\vec{B}$, de la superficie $\vec{S}$ y del ángulo que formen dichos vectores.



- El flujo magnético del vector $\vec{B}$ (uniforme), a través de una superficie $\vec{S}$, se define mediante el producto escalar de ambos vectores

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = B \cdot s \cdot \cos \alpha$$

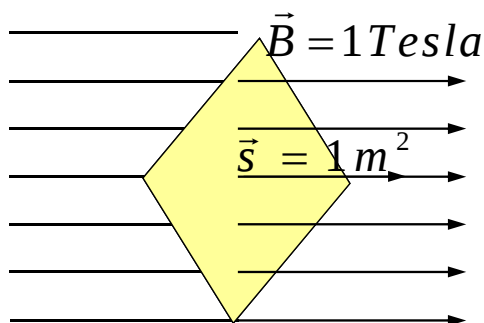
- Si el campo magnético no es uniforme, se calcula el flujo elemental $d\Phi$, a través de un elemento de superficie ds , y se suma (integramos) a toda la superficie



$$d\Phi = \vec{B} \cdot d\vec{s} \Rightarrow \Phi_{\text{total}} = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{s}$$

1b. UNIDADES DE FLUJO MAGNÉTICO

- La unidad de flujo magnético en el S.I. es el **weber (wb)**, que se define como el flujo magnético que atraviesa una superficie de **1 m²** situada perpendicularmente a un campo de **1 T**



- El flujo magnético que atraviesa esta superficie es 1 Weber (Wb)

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \Rightarrow 1\text{Wb} = 1\text{T} \cdot 1\text{m}^2$$

Otras unidades:

$$1\text{Weber (Wb)} = 1\text{Tesla} \cdot \text{m}^2 = 10^4 \text{ Gauss} \cdot 10^4 \text{ cm}^2 = 10^8 \text{ Gauss} \cdot \text{cm}^2 \text{ (Maxwel)}$$

Si la superficie es paralela al campo:

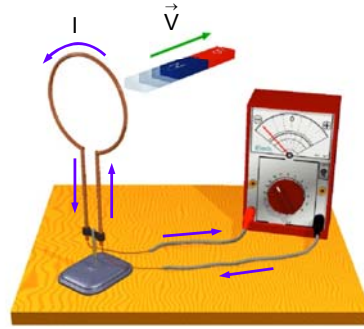
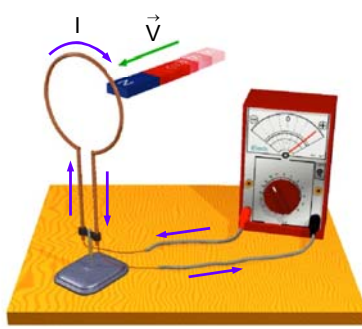
$$\vec{B} \perp \vec{s} \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2} \text{ rad} \Rightarrow \Phi = 0$$

Si la superficie es perpendicular al campo:

$$\vec{B} \parallel \vec{s} \Rightarrow \alpha = 0 \text{ rad} \Rightarrow \Phi \text{ máximo}$$

2a. FENÓMENOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

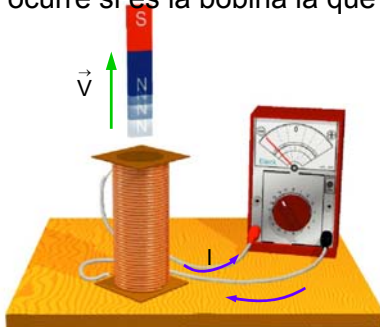
- **Oersted** mostró que la corriente eléctrica produce un campo magnético, pero ¿se cumple el fenómeno inverso?



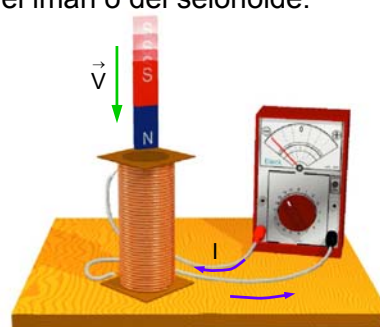
- **Michael Faraday** demostró, mediante un experimento, que **se podía generar una corriente eléctrica inducida a partir de un campo magnético**.
- Al acercar/alejar el imán a una espira conductora que no está conectada a ninguna fuente de alimentación eléctrica, **el galvanómetro detectaba el paso de corriente mientras el imán estuviera en movimiento**.
- El sentido de la corriente al acercar el imán es opuesto al que tiene cuando se aleja.
- Si se mantiene fijo el imán y se mueve la espira, el resultado es el mismo.
- **Aparece una corriente inducida mientras haya movimiento relativo entre la espira y el imán.**

2b. FENÓMENOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

- Al acercar/alejar un imán o un solenoide a una bobina, sin conectar a un generador, la aguja del galvanómetro se desvía detectando el paso de una corriente eléctrica.
- Igual ocurre si es la bobina la que se acerca/retira del imán o del solenoide.



Al sacar el imán se produce una corriente inducida

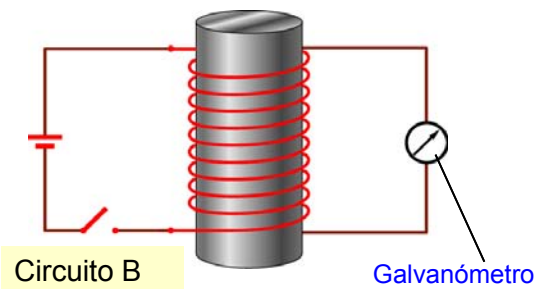
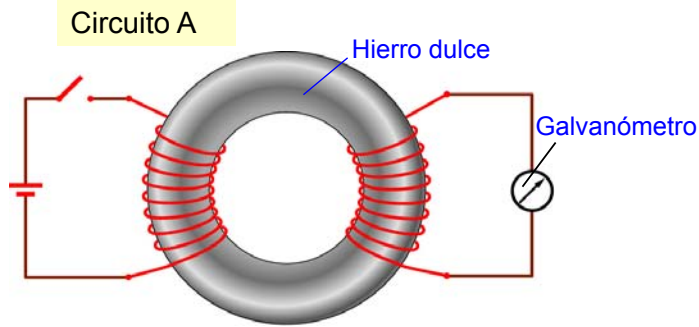


Al introducir el imán se produce la misma corriente inducida pero de sentido contrario

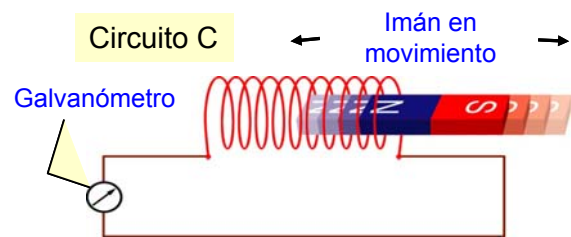
- Esto significa que se ha producido en el circuito una fuerza electromotriz que ha dado lugar a la corriente. Estos fenómenos se denominan **inducción electromagnética**.
- A partir de campos magnéticos es posible inducir en un circuito una fuerza electromotriz capaz de generar corriente eléctrica sin establecer conexiones con ninguna fuente de alimentación.

2c. LOS EXPERIMENTOS DE FARADAY

- **Oersted** mostró que la corriente eléctrica produce un campo magnético, pero ¿se cumple el proceso inverso?



- En 1831, **Faraday** comprobó que en un circuito, el galvanómetro indica el paso de la corriente cuando se abre/cierra el circuito (circuito A).
- En los circuitos B y C sin contacto eléctrico, el movimiento del circuito B **genera una corriente eléctrica inducida** en el circuito C. El mismo efecto se produce si en lugar de una bobina se utiliza un imán en movimiento.



- Estas experiencias se denominan fenómenos de **inducción electromagnética**.

2d. LEY DE FARADAY - LENZ

- El movimiento relativo entre imanes (campos magnéticos) y espiras/bobinas, induce en estas una corriente eléctrica originada por una fuerza electromotriz también inducida.
- La explicación de estos fenómenos, de **Inducción Electromagnética**, está en la variación del flujo magnético que atraviesa la espira/bobina, cuando esta se mueve en presencia de un campo magnético.
- La variación del flujo magnético ($d\Phi$) con el tiempo (dt) a través de una bobina de N espiras, origina una fuerza electromotriz inducida (ϵ_{ind}) que hace circular por ella una corriente eléctrica inducida (I_{ind}).

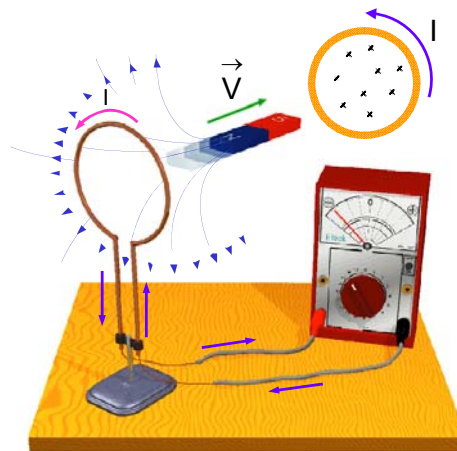
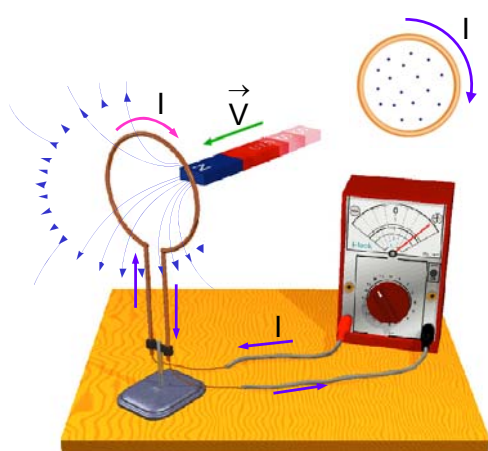
$$\epsilon_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

LEY DE FARADAY - LENZ

- La **ley de FARADAY nos da el valor de la fem inducida**: la fuerza electromotriz inducida en una bobina es directamente proporcional a la variación del flujo magnético que la atraviesa por unidad de tiempo y al número de espiras de la bobina.
- La **ley de LENZ nos da el sentido de la corriente inducida**: el signo (-) nos indica que la corriente que se induce se opone por sus efectos magnéticos a la causa que la originó.

2d. Según la ley de LENZ ...

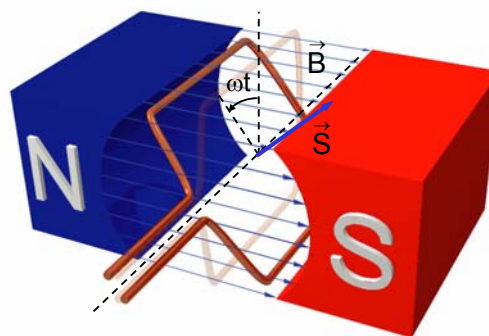
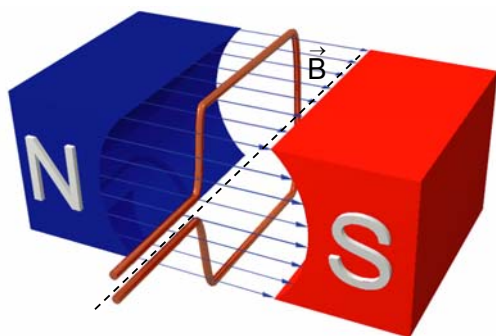
- ... si es el polo norte el que se aproxima a la cara de una bobina, la corriente que se induce circula en tal sentido que esa cara se convierte en un polo norte, oponiéndose al norte que se aproxima.
- ... si es el polo norte el que se retira de una bobina, la corriente que se induce en ella, circula en tal sentido que esa cara se convierte en un polo sur, para tratar de evitar que el norte se aleje.



- La corriente inducida circula por la espira en el sentido que se genera un campo magnético, que tiende a contrarrestar el campo magnético del imán.

3a. PRODUCCIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA ALTERNA

- El giro de una bobina en el seno de un campo magnético, induce una fuerza electromotriz (fem) que origina una corriente eléctrica senoidal: **CORRIENTE ELÉCTRICA ALTERNA**



- Una bobina de área s , formada por n espiras, gira con velocidad angular w constante en un campo magnético. El flujo que la atraviesa vale:

$$\Phi = n \vec{B} \cdot \vec{s} = n B s \cos \alpha = n B s \cos \omega t$$

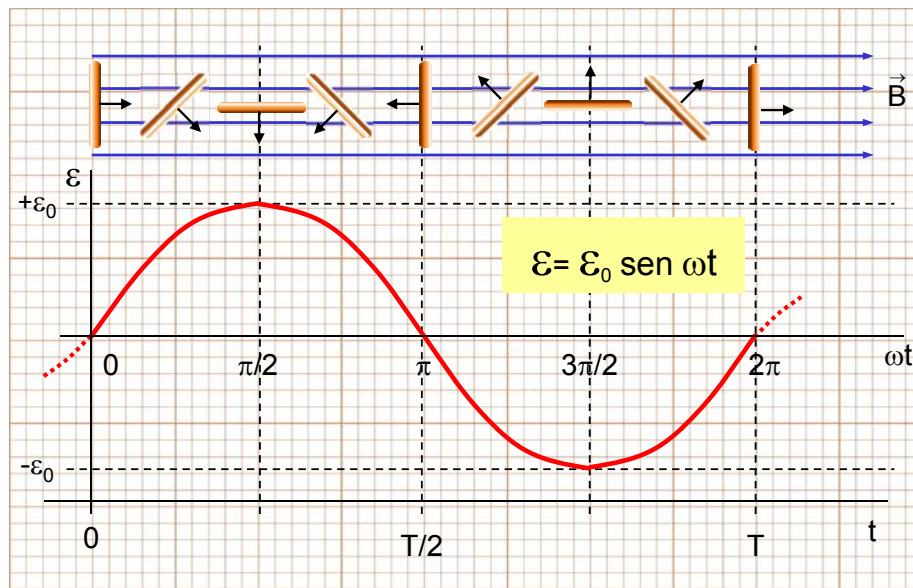
- Según la ley de Faraday-Lenz la fuerza electromotriz (fem) inducida:

$$\varepsilon_{\text{ind}} = -n \frac{d\Phi}{dt} = -n \frac{d[B s \cos \omega t]}{dt} = n B s w \sin \omega t = \varepsilon_0 \sin \omega t$$

siendo $\varepsilon_0 = n B s w$ la fem máxima

3b. GRÁFICA DE LA FUERZA ELECTROMOTRIZ ALTERNA

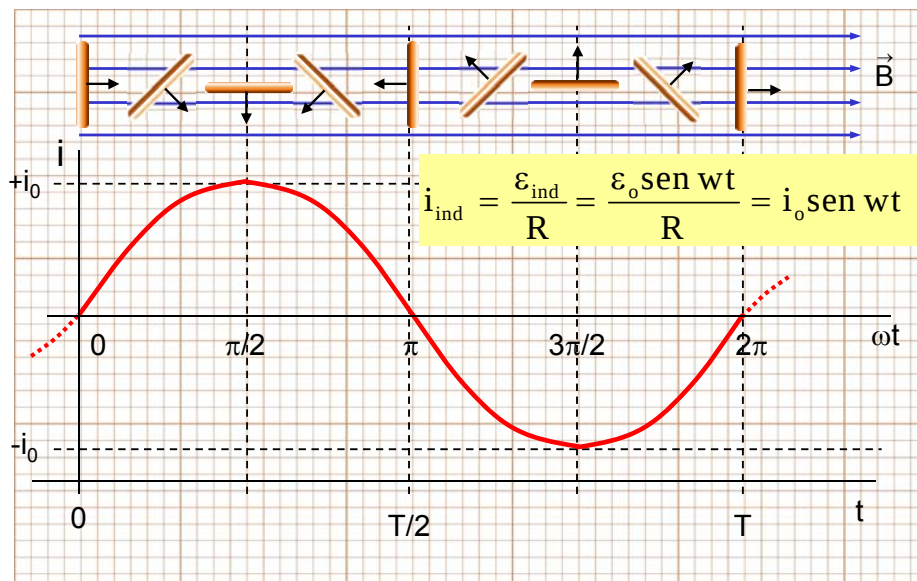
- Gráfica de la fem inducida en función del tiempo y en función del ángulo girado por la bobina.



- La fem inducida cambia alternativamente, dos veces cada ciclo, de polaridad.

3b. GRÁFICA DE LA INTENSIDAD DE CORRIENTE ALTERNA

- Gráfica de la Intensidad de Corriente en función del tiempo y del ángulo girado por la bobina.
- La intensidad de corriente que circula se obtiene directamente aplicando la ley de Ohm.



- La intensidad de corriente cambia de sentido cada media vuelta de giro de la bobina.

4a. OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

- La energía eléctrica se obtiene en las **CENTRALES ELÉCTRICAS**, que utilizan grandes turbinas que son movidas por agua, vapor de agua, el viento, las mareas, etc

- Hay distintos tipos de centrales:**

- Hidroeléctricas:**

- Se aprovecha la energía potencial del agua, que al caer mueve la turbina.

- Térmicas:**

- Utilizan como materia prima combustibles fósiles como el carbón y el fuel-oil. La energía del proceso químico convierte agua en vapor de agua que mueve la turbina.

- Nucleares:**

- Se aprovecha la energía obtenida en la fisión de núcleos atómicos (uranio).

- Eólicas:**

- Convierten la energía cinética del viento en energía eléctrica, mediante una aeroturbina que hace girar un generador.

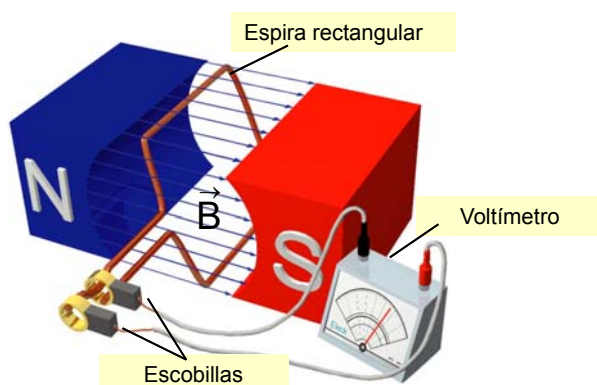
- Solares:**

- Es la energía producida por el Sol como resultado de las reacciones nucleares de fusión que tiene lugar en él.

4b. OBTENCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: ALTERNADORES

- En una central eléctrica las turbinas hacen girar los **GENERADORES DE CORRIENTE ALTERNA O ALTERNADORES** que son dispositivos que transforman la Energía Mecánica en Energía Eléctrica.

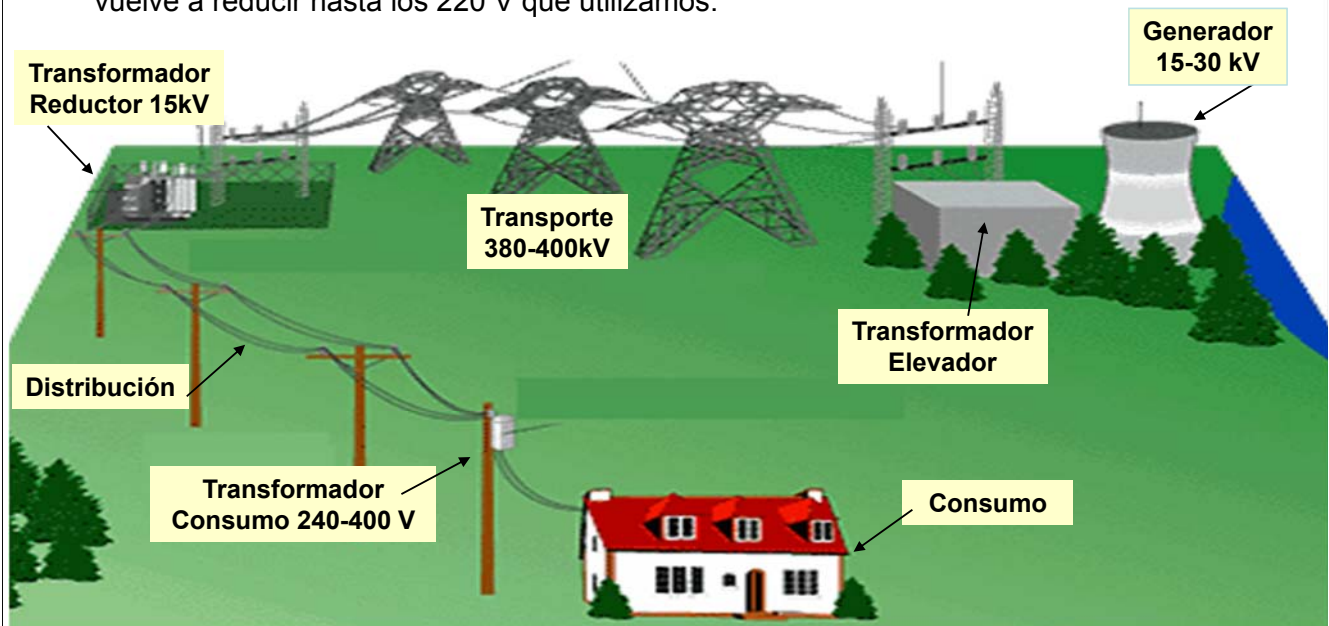
- Un generador de corriente alterna consta de un **IMÁN (estator) que hace de inductor y genera un campo magnético**, y una **BOBINA de cobre (rotor) que hace de inducido y es en ella donde se induce la fem**, que es el elemento que gira unido al eje de la turbina a gran velocidad.



- La bobina **gira con velocidad constante** en un campo magnético uniforme creado por el imán.
- Se induce así una f.e.m. senoidal que **varía de sentido** dos veces cada período: corriente alterna.
- Los extremos de la espira se conectan al circuito externo mediante **escobillas**.
- La energía mecánica necesaria para girar la bobina **se transforma en energía eléctrica**.

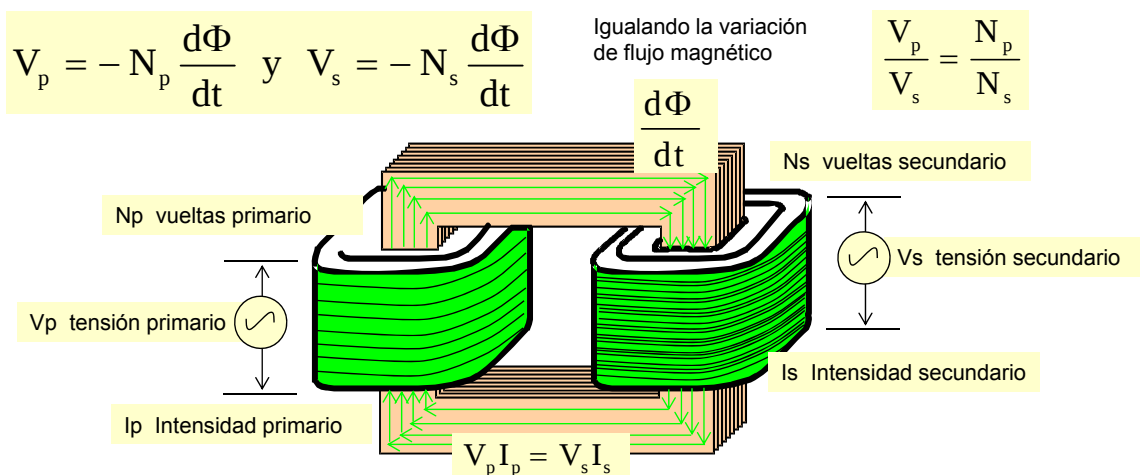
4b. TRANSPORTE Y UTILIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

- La corriente que se obtiene en los alternadores es de baja tensión (unos 10.000V).
- Sin embargo su transporte se lleva a cabo mediante cables llamados líneas de transmisión. Estas líneas de alta tensión (unos 300.000V) llevan la electricidad desde la central hasta una subestación, donde se reduce la tensión (unos 12.000V).
- Desde ahí llega hasta unos transformadores próximos a nuestras casas donde se vuelve a reducir hasta los 220 V que utilizamos.



4d. TRANSFORMADORES

- **El Transformador** es un elemento esencial en el transporte de la corriente eléctrica.
- Está formado por dos bobinas que van devanadas sobre dos lados opuestos de un marco rectangular de hierro dulce laminado.
- **Del número de vueltas de cada bobina depende la subida o caída de tensión que tiene lugar en el transformador.**
- **Se fundamenta en la Ley de Faraday:** cuando por el primario circula una **CORRIENTE ALTERNA** de tensión V_p se induce una variación de flujo magnético que recorre el marco del transformador y por lo tanto circula por el secundario, que al tener distinto número de vueltas, en él se induce otra tensión V_s



LA ENERGÍA ELÉCTRICA: SU IMPORTANCIA E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

- La energía eléctrica es la forma de energía más utilizada actualmente.
- Multitud de aparatos funcionan con energía eléctrica.
- Su consumo es un componente básico en el nivel de calidad de vida y fundamental en el desarrollo de un país.

Entre las razones que hacen su uso imprescindible están:

- Permitir su transporte y distribución al lugar de consumo en fracciones de segundo.
- Poder transformarse fácilmente en energía mecánica y en energía térmica.
- Estar disponible en todo momento en la red.
- Los aparatos que funcionan con ella pueden ser pequeños y manejables.
- Ser la única energía, en su consumo, que no produce residuos o contaminación.

Impacto medioambiental:

En su producción:

- La **incidencia de la producción de energía eléctrica sobre el medio ambiente** viene determinada, entre otras muchas causas, por las materias primas empleadas, como son: agua, fuel-oil, uranio, etc.

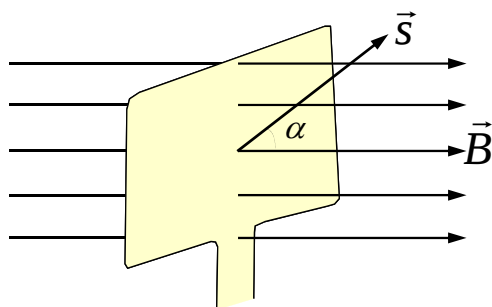
En el transporte:

- Impacto estético de las torres que componen la línea.
- Limitación en la explotación del terreno situado bajo las líneas.
- Impacto negativo sobre ciertas aves y especies arbóreas.
- Las grandes ciudades necesitan redes y estaciones de alta tensión en calles y viviendas.

5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 1.- Una espira cuadrada de 4 cm de lado se encuentra en un campo magnético de 2 Wb/m². Calcular el flujo magnético que atraviesa la espira cuando está: a) perpendicular al campo; b) paralela al campo; c) formando un ángulo de 60° con la dirección del campo; d) girando con velocidad angular ω .
- Sol: a) 3,2·10⁻³ Wb; b) 0; c) 2,8·10⁻³ Wb; d) 3,2·10⁻³ cos ωt (Wb).

- El flujo de campo magnético Φ a través de una espira se define como el producto escalar del vector inducción magnética $\vec{B}$ por el vector superficie $\vec{S}$:



$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = Bs \cos \alpha$$

$$\begin{aligned} \text{a) } \Phi &= 2 \text{ wb} \cdot \text{m}^{-2} \left[4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \right]^2 \cos 0 = \\ &= 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ wb} \end{aligned}$$

$$\text{b) } \Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = Bs \cos 90^\circ = 0 \text{ wb}$$

$$\text{c) } \Phi = 2 \text{ wb} \cdot \text{m}^{-2} \left[4 \cdot 10^{-2} \text{ m} \right]^2 \cos 30 = 2,8 \cdot 10^{-3} \text{ wb}$$

$$\text{d) } \Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} = Bs \cos \omega t = 3,2 \cdot 10^{-3} \cos \omega t \text{ (wb)}$$

5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 2.- Una bobina de 100 espiras tarda 0,05 s en pasar desde un punto donde el flujo magnético vale $20 \cdot 10^{-5}$ Wb a otro punto donde el flujo es de $5 \cdot 10^{-5}$ Wb. Hallar la fem media inducida. Sol: 0,3 v.
- La fuerza electromotriz inducida en la bobina, cuando la atraviesa un flujo de campo magnético variable con el tiempo, cumple la ley de Faraday-Lenz:

$$e_{ind} = -N \frac{d\Phi}{dt} = -100 \frac{[5 \cdot 10^{-5} - 20 \cdot 10^{-5}] \text{ Wb}}{0,05 \text{ s}} = 0,3 \text{ v}$$

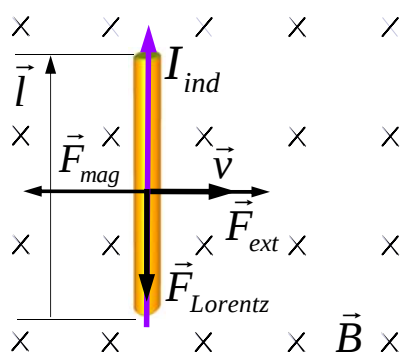
- 3.- Una bobina consta de 200 espiras circulares de 2 cm de radio, y se encuentra en un campo magnético de 0,8 T. Hallar el flujo total a través de la bobina si su eje forma un ángulo de 30° con B. Sol: 0,174 Wb.

- El flujo total a través de la bobina vale: $\Phi = n \vec{B} \cdot \vec{s} = n B s \cos \alpha$
 $= 200 \cdot 0,8 \text{ T} \cdot \pi [0,02 \text{ m}]^2 \cos 30 = 0,174 \text{ Wb}$

5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 4.- Un alambre de cobre de 10 cm de longitud perpendicular a un campo magnético de 0,8 T, se mueve perpendicularmente a él con una velocidad de 2 m/s. Hallar la fem inducida en el alambre. Sol: 0,16 v.
- Al mover el conductor en el campo magnético, estamos moviendo cargas eléctricas, actúa sobre él una fuerza que de acuerdo con la ley de Lorentz vale:

$$\vec{F}_{Lorentz} = q_e^- [\vec{v} \times \vec{B}]$$



- Los electrones libres que existen en el conductor se mueven debido a esta fuerza, originando una corriente eléctrica inducida.
- El trabajo realizado para transportar la unidad de carga a lo largo del conductor es la fem inducida en los extremos del mismo:

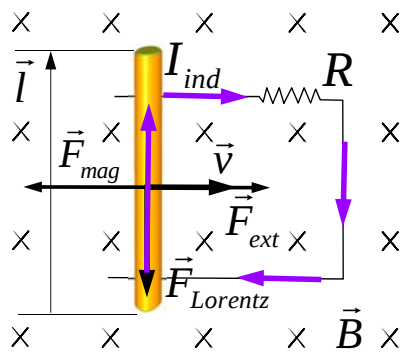
$$e_{ind} = \frac{W}{q_e^-} = \frac{\vec{F}_{Lorentz} \cdot \vec{l}}{q_e^-} = \frac{q_e^- v B l}{q_e^-} = v B l$$

$$= 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot 0,8 \text{ T} \cdot 0,1 \text{ m} = 0,16 \text{ v}$$

- La I_{ind} origina una fuerza magnética que frena el desplazamiento del conductor: $\vec{F}_{mag} = I_{ind} [\vec{l} \times \vec{B}]$
- Para mantener constante la velocidad se debe aplicar una fuerza externa: $\vec{F}_{ext}$

5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 5.- Una espira rectangular posee un lado móvil, de 1 m de longitud, que se desplaza por el interior de un campo magnético uniforme de 1 T, con una velocidad constante de 1 m/s, debido a un agente externo. Calcular: a) El valor de la fem inducida en la espira si el lado móvil, B y v son perpendiculares. b) La intensidad de la corriente que circula por el lado móvil, suponiendo que la resistencia eléctrica de la espira es de 1Ω . c) La fuerza que debe realizar un agente externo para mantener constante la velocidad con que se mueve el lado móvil. Sol: a) 1 V; b) 1 A; c) 1 N.



- La fuerza de Lorentz, $\vec{F}_{Lorentz}$, crea una fem inducida, e_{ind} , que origina la correspondiente corriente eléctrica inducida i_{ind} .

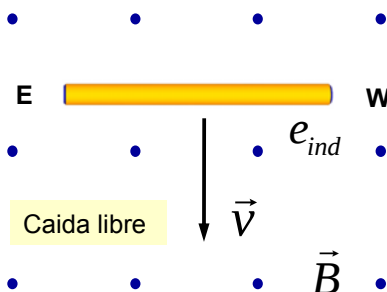
$$e_{ind} = \frac{w}{q_{e^-}} = \frac{\vec{F}_{Lorentz} \cdot \vec{l}}{q_{e^-}} = \frac{q_{e^-} v B l}{q_{e^-}} = v B l$$

$$e_{ind} = 1 m \cdot s^{-1} \cdot 1 T \cdot 1 m = 1 V$$

- La intensidad de corriente que recorre el circuito: $i_{ind} = \frac{e_{ind}}{R} = \frac{1 V}{1 \Omega} = 1 A$
- La i_{ind} origina dentro del campo una fuerza magnética que vale: $\vec{F}_{mag} = i_{ind} [\vec{l} \times \vec{B}] = 1 A \cdot 1 m \cdot 1 T = 1 N = -\vec{F}_{ext}$
- Para mantener constante la velocidad, con que se mueve el lado, un agente externo debe aplicar una fuerza externa opuesta a la magnética.

5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 6.- Se deja caer una varilla metálica de 1 m de longitud en un lugar en el que el campo magnético terrestre posee un valor de 0,4 gauss, de forma que se mantiene en posición horizontal y en dirección E-W durante su caída. Calcular la fem inducida entre sus extremos en función de la distancia recorrida y su valor cuando ésta sea de 10 m. Sol: $5,6 \cdot 10^{-4}$ V.



- La varilla en caída libre desciende con velocidad :

$$v = \sqrt{2gd} = \sqrt{19,6d} \text{ m.s}^{-1}$$

- La fuerza electromotriz inducida en la varilla, cuando cae en el campo magnético terrestre vale:

$$e_{ind} = \frac{w}{q} = \frac{\vec{F}_{Lorentz} \cdot \vec{l}}{q} = \frac{q v B l}{q} = v B l =$$

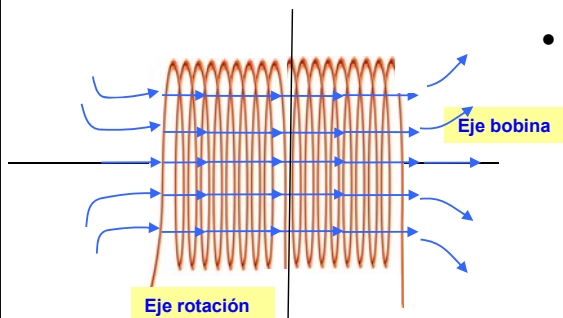
$$= \sqrt{19,6d} \text{ m.s}^{-1} \cdot 0,4 \text{ ga} \cdot 10^{-4} T \cdot \text{ga}^{-1} \cdot 1 m = 4 \cdot 10^{-5} \sqrt{19,6d} \text{ (voltios)}$$

- Cuando la varilla ha caído 10 m:

$$e_{ind} = 4 \cdot 10^{-5} \sqrt{19,6d} = 4 \cdot 10^{-5} \sqrt{19,6 \cdot 10} = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ (voltios)}$$

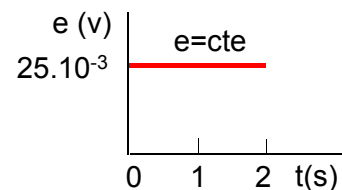
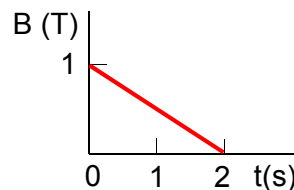
5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 7.- Una bobina de 50 vueltas y 10 cm^2 de sección está situada con su eje paralelo a las líneas de un campo magnético de 1 T. a) Si éste disminuye linealmente con el tiempo hasta anularse en 2 s, calcular la fem inducida; representar gráficamente el campo magnético y la fem inducida en función del tiempo. b) Repetir cálculo y gráfica si la bobina tiene una rotación alrededor de un eje normal al campo magnético, a la velocidad de 10 rad/s.



- La fem inducida en la bobina, cuando el flujo magnético disminuye linealmente, vale:

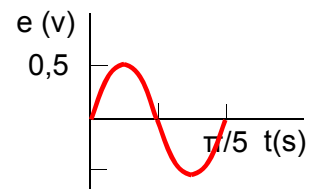
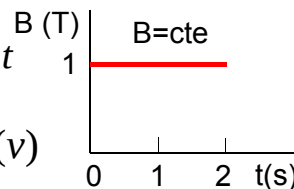
$$e_{ind} = -n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -50 \frac{-1T \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cos 0}{2s} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ V}$$



- Cuando la bobina gira alrededor de un eje normal al campo magnético:

$$e_{ind} = -n \frac{d[Bs \cos wt]}{dt} = nBsw \sin wt$$

$$e_{ind} = 50 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \sin 10t = 0,5 \sin 10t \text{ (V)}$$



5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 8.- Una espira cuadrada de 10 cm de lado se encuentra en un campo magnético, $B = 3t^2 + 2t + 1$ (S.I.), que forma un ángulo de 60° con la normal a la espira. a) Calcular el flujo magnético instantáneo a través de la espira. b) Representar gráficamente la fem en función del tiempo y calcular su valor para $t = 2$ s. Sol: a) $5 \cdot 10^{-3} (3t^2 + 2t + 1)$ wb.

- El flujo magnético a través de la espira vale:

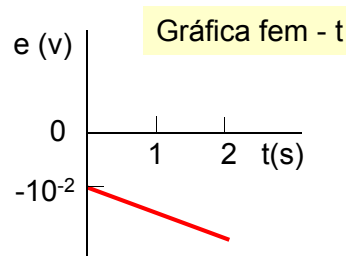
$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{s} = Bs \cos \alpha = [3t^2 + 2t + 1] T \cdot [0,1m]^2 \cos 60 = 5 \cdot 10^{-3} [3t^2 + 2t + 1] \text{ wb}$$

- Cálculo de la fem inducida en la espira:

$$e_{ind} = -\frac{d\Phi}{dt} = -5 \cdot 10^{-3} [6t + 2] = 3 \cdot 10^{-2} t - 10^{-2} \text{ (V)}$$

- Para $t = 2$ s la fem vale

$$e_{ind(t=2s)} = -6 \cdot 10^{-2} - 10^{-2} = -7 \cdot 10^{-2} \text{ (V)}$$



5. Ejercicios de Inducción Electromagnética

- 9.-Un circuito primario de un transformador está formado por 1200 espiras y el secundario por 20 espiras. Si el circuito primario se conecta a una diferencia de potencial de 220 voltios, determina: a) la diferencia de potencial a la salida del circuito secundario; b) la intensidad de la corriente en el secundario si la intensidad en el primario es de 0,5 A. Sol: a) 3,7 V; b) 30 A.

- El funcionamiento de un transformador se basa en la **ley de Faraday-Lenz**.
- Por ellos debe circular una corriente alterna.** Las variaciones de flujo magnético en el primario y en el secundario son iguales:

$$\begin{array}{c}
 n_p=1200 \\
 v_p=120v
 \end{array}
 \left\| \begin{array}{c}
 n_s=20 \\
 v_s
 \end{array} \right.
 \quad
 \begin{array}{l}
 v_p = -n_p \frac{d\Phi}{dt} \Leftrightarrow v_s = -n_s \frac{d\Phi}{dt} \\
 \frac{v_p}{v_s} = \frac{n_p}{n_s} \Leftrightarrow \frac{220}{v_s} = \frac{1200}{20} \Rightarrow v_s = 3,67v
 \end{array}$$

Esquema de un transformador

- Los transformadores prácticamente no consumen energía:

$$Potencia : v_p i_p = v_s i_s \Rightarrow 220v \cdot 0,5A = 3,67v \cdot i_s \Rightarrow i_s = 30A$$

- 10.- La ddp. a la entrada de un transformador es de 20 V y la intensidad a la salida, de 5 A. Si en el circuito secundario hay diez veces más espiras que en el primario, determina: la d.d.p. a la salida, la intensidad a la entrada y la potencia de salida. Sol: 200 V; 50 A; 1000 w.

6. SELECTIVIDAD

INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Cuestiones

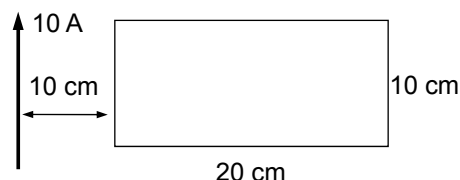
- 1. Una espira atraviesa una región del espacio en la que existe un campo magnético uniforme, vertical y hacia arriba. La espira se mueve en un plano horizontal. a) Explicar si circula corriente o no por la espira cuando: i) está penetrando en la región del campo; ii) mientras se mueve en dicha región; iii) cuando está saliendo. b) Indicar el sentido de la corriente, en los casos que exista, mediante un esquema.
- 2. a) Explicar el funcionamiento de un transformador eléctrico. b) ¿Podría funcionar con corriente continua?. Justificar la respuesta.
- 3. Razonar si son verdaderas o falsas las siguientes afirmaciones: a) La fuerza electromotriz inducida en una espira es proporcional al flujo magnético que la atraviesa. b) Un transformador eléctrico no puede utilizarse con corriente continua.
- 4. Contestar razonadamente a las siguientes cuestiones: a) ¿Puede moverse una carga bajo la acción de un campo magnético sin experimentar fuerza magnética? b) ¿Puede ser nulo el flujo magnético a través de una espira colocada en una región en la que existe un campo magnético?.
- 5. a) Explicar por qué no se utilizan los transformadores con corrientes continuas. b) Comentar las ventajas de la corriente alterna frente a la corriente continua.
- 6. a) Comentar la siguiente afirmación: si el flujo magnético a través de una espira varía con el tiempo. Se induce en ella una fuerza electromotriz. b) Explicar diversos procedimientos para lograr la situación anterior.
- 7. Conteste razonadamente a las siguientes preguntas: a) Si no existe flujo magnético a través de una superficie, ¿puede asegurarse que no existe campo magnético en esa región? b) La fuerza electromotriz inducida en una espira, ¿es más grande cuanto mayor sea el flujo magnético que la atraviesa?

Problemas

- 10. Una espira cuadrada de 5 cm de lado se encuentra en el interior de un campo magnético uniforme, de dirección normal al plano de la espira y de intensidad variable con el tiempo: $B=2t^2$ (T). a) Deducir la expresión del flujo magnético a través de la espira en función del tiempo. b) Representar gráficamente la fuerza electromotriz inducida en función del tiempo y calcular su valor para $t = 4$ s.
- 11. Una espira cuadrada de 10 cm de lado, inicialmente horizontal, gira a 1200 revoluciones por minuto, en torno a uno de sus lados, en un campo magnético uniforme vertical de 0,2 T. a) Calcular el valor máximo de la fuerza electromotriz inducida en la espira y representar, en función del tiempo, el flujo magnético a través de la espira y la fuerza electromotriz inducida. b) ¿Cómo se modificaría la fuerza electromotriz inducida en la espira si se redujera la velocidad de rotación a la mitad? ¿Y si se invirtiera el sentido del campo magnético?
- 12. Una espira circular de 10 cm de diámetro, inmóvil, está situada en una región en la que existe un campo magnético, perpendicular a su plano, cuya intensidad varía de 0,5 a 0,2 T en 0,1 s. a) Dibujar en un esquema la espira, el campo y el sentido de la corriente inducida, razonando la respuesta. b) Calcular la fuerza electromotriz inducida y razonar cómo cambiaría dicha fuerza electromotriz si la intensidad del campo aumentase en lugar de disminuir.
- 13. Una espira de 20 cm^2 se sitúa en un plano perpendicular a un campo magnético uniforme de 0,2 T. a) Calcular el flujo magnético a través de la espira y explicar cómo varía el valor del flujo al girar la espira un ángulo de 60° . b) Si el tiempo invertido en el giro es de $2 \cdot 10^{-3}$ s, ¿cuánto vale la fuerza electromotriz media inducida en la espira? Explicar qué habría ocurrido si la espira se hubiese girado en sentido contrario.
- 14. Un campo magnético, cuyo módulo viene dado por: $B = 2 \cos 100 t$ (S.I.) forma un ángulo de 45° con el plano de una espira circular de 12 cm de radio. a) Calcule la fuerza electromotriz inducida en la espira en el instante $t = 2$ s. b) ¿Podría conseguirse que fuera nula la fuerza electromotriz inducida girando la espira? Razone la respuesta.

- 15. Una bobina constituida por 100 espiras circulares de 1 cm de radio se halla en el seno de un campo magnético uniforme de 0,5 T, de modo que el plano de las espiras es perpendicular al campo. a) ¿Cuál es el valor de la fuerza electromotriz inducida al girar la bobina 90° en una milésima de segundo?. b) Si duplicamos el número de espiras, ¿en cuánto tiempo deberíamos girar 90° la bobina para conseguir la misma fuerza electromotriz?
- 16. Una bobina de 100 espiras circulares de 2 cm de radio se sitúa con sus espiras perpendiculares a un campo magnético cuyo valor varía según $B = 1,5 \cdot e^{0,2t}$ T. a) ¿Cómo varía la fuerza electromotriz inducida con el tiempo? b) ¿Cuál será el valor de dicha fuerza electromotriz inducida a los 10 s?

- 17. Una corriente de 10 A recorre un hilo conductor de gran longitud situado cerca de una espira rectangular, como se indica en la figura. a) Calcula el flujo del campo magnético a través de la espira. b) Determina la fuerza electromotriz media y el sentido de la corriente inducida en la espira si se interrumpe la corriente al cabo de 0,02 s. Dato: $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ (SI).



- 18. Un alternador consta de una bobina de 40 espiras cuadradas de 5 cm de lado y una resistencia total de 16Ω . La bobina gira con una frecuencia de 100 Hz en un campo magnético de 0,8 T. Determinar: a) La fuerza electromotriz máxima que se induce. b) El valor máximo de la intensidad inducida. c) Una expresión para la fuerza electromotriz y la intensidad inducida en función del tiempo. Traza las representaciones gráficas de estas dos magnitudes.
- 19. El flujo que pasa por una espira de 15 cm^2 varía según la función $\Phi = 0,005 \cos 100 t$ (Wb). Calcular. a) La inducción del campo suponiendo que es uniforme. b) La fuerza electromotriz inducida en la bobina.



- 20. Una espira se coloca en un campo magnético $\vec{B} = 0,1\vec{i}$ (T). a) Halla el flujo a través de la espira si su vector superficie vale $\vec{s} = 5\vec{i} + 4\vec{j} - 20\vec{k}$ (cm^2). b) Representa todas las magnitudes físicas que se citan en el apartado anterior.