

**MAGNETISMO II**

**Flujo magnético**

Consideremos una espira de alambre en presencia de un campo magnético uniforme,  $\vec{B}$ . Si el área de la espira es A, el **flujo magnético**,  $\phi$ , a través de la espira, se define como

$$\phi = \mathbf{B}_\perp \cdot \mathbf{A} = |\vec{B}| \cdot \mathbf{A} \cdot \cos \theta$$

Donde  $B_\perp$  es la componente de  $\vec{B}$  perpendicular al plano de la espira, como en la figura 1a, y  $\theta$  es el ángulo entre  $\vec{B}$  y la normal (perpendicular) al plano de la espira.

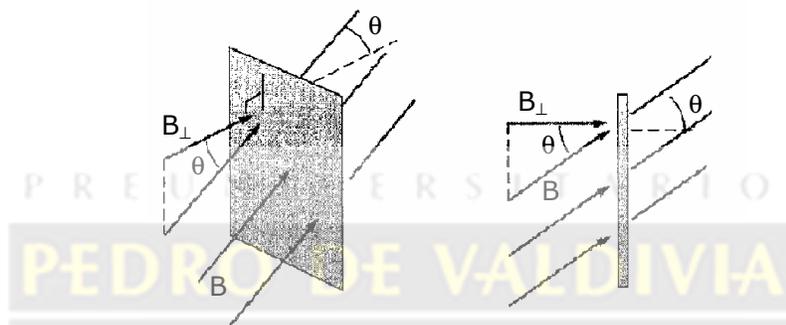


fig. 1a

fig. 1b

La figura 1b es una vista de costado de la espira y las líneas de campo magnético que penetran en él.

Cuando el campo es perpendicular al plano de la espira, como en la figura 2a,  $\theta = 0^\circ$  y  $\phi$  tiene un valor máximo,  $\phi = BA$ .

Cuando el plano de la espira es paralelo a  $\vec{B}$ , como en la figura 2b, implica que  $\theta = 90^\circ$  y  $\phi = 0$ . La unidad de medida del flujo magnético es el Weber (Wb)

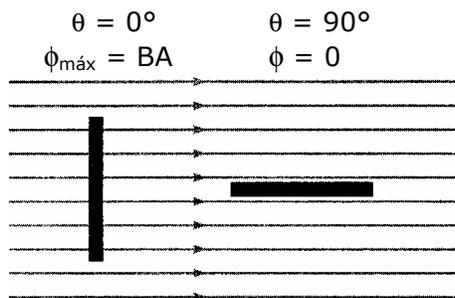


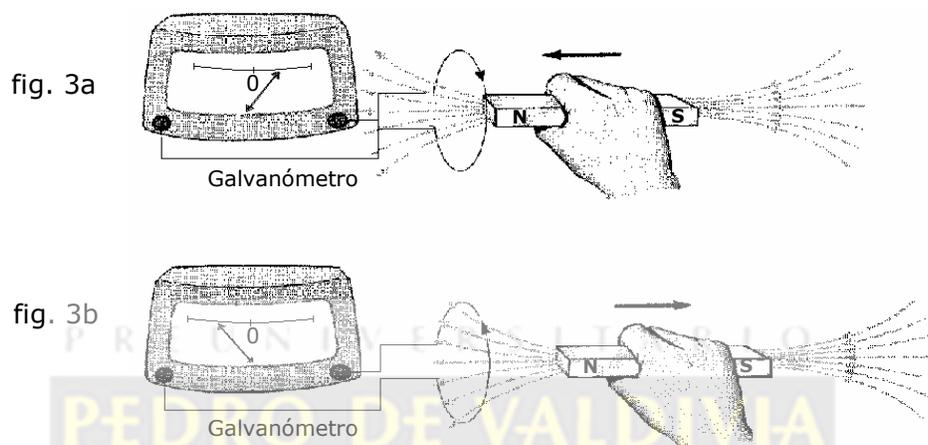
fig. 2a

fig. 2b

La importancia de la ecuación de flujo se destaca dibujando primero las líneas de campo magnético, como en la figura anterior. El número de líneas por unidad de área aumenta a medida que la intensidad del campo se incrementa. **El valor del flujo magnético es proporcional al número de líneas que pasan a través de la espira.** Así pues, vemos que el número de líneas que pasa a través de la espira es mayor cuando el plano de la misma es perpendicular al campo, como en la figura 2a, y es en esas condiciones que el flujo alcanza su valor máximo. Como muestra la figura 2b, no pasan líneas a través de la espira cuando su plano es paralelo al campo, en ese caso  $\phi = 0$ .

### Ley de inducción de Faraday

La utilidad del concepto de flujo magnético se aprecia claramente por medio de otro experimento sencillo que demuestra la idea fundamental de la inducción magnética. Considérese una espira de alambre conectada a un galvanómetro, como en la figura 3.



Si un imán se aproxima a la espira, la aguja del galvanómetro se desvía en una dirección, como en la figura 3a. Si el imán se aleja de la espira, la aguja del galvanómetro se desvía en dirección opuesta, como en la figura 3b. Si el imán se mantiene inmóvil y la espira se aproxima al imán o se aleja de él, la aguja también se desvía. A partir de estas observaciones, se deduce que se **establece una corriente en el circuito en tanto existe un movimiento relativo entre el imán y la espira.** Estos resultados son extraordinarios, en vista del hecho de que el circuito no contiene batería alguna. A esta clase de corriente se le llama **corriente inducida** porque la produce una fem inducida.

Con este experimento, se puede hablar en general que, se induce una fem en una corriente cuando el flujo magnético a través del circuito cambia con el tiempo. De hecho, podemos hacer un resumen general de esta clase de experimentos en los que intervienen corrientes y fem inducidas:

***"La fem instantánea inducida en un circuito es igual a la rapidez de cambio del flujo magnético a través del circuito".***

Si un circuito contiene N espiras enrolladas apretadamente y el flujo a través de cada espira cambia en la cantidad  $\Delta\phi$  durante el intervalo  $\Delta t$ , la fem media inducida en el circuito durante el intervalo de tiempo, es

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$

Éste es un enunciado de la **ley de inducción magnética de Faraday**. El signo negativo, tiene explicación mediante la ley de Lenz.

## Ley de Lenz

Para determinar el sentido de la corriente inducida, además de la regla de la mano derecha, se utiliza la *ley de Lenz*. Esta ley se enuncia de la forma siguiente:

**“La dirección de la corriente o fuerza electromotriz inducida en un circuito cerrado es tal que por sus efectos electromagnéticos se opone a la variación del flujo que la produce”**

Por ejemplo, supongamos una espira metálica inerte a la que se acerca un imán por su polo norte en la figura 4, al ir acercando el imán, el flujo que atraviesa la espira aumentará. Según la ley de Lenz, el sentido de la corriente inducida es tal que el campo magnético creado por dicha corriente se opone al aumento del flujo producido por el acercamiento de imán. Si el imán se aleja, la disminución de su flujo se verá contrarrestada por el campo magnético de la corriente inducida que tendrá su mismo sentido.



fig. 4

### Circuito RL

El circuito que se muestra en la figura 5, contiene un inductor  $L$  (bobina), un resistor  $R$  y una batería  $V_0$ . El interruptor se coloca de tal modo que la batería pueda conectarse y desconectarse alternadamente del circuito. Cuando el interruptor se coloca en la posición  $S_1$ , empieza a fluir una corriente creciente por el circuito. A medida que la corriente aumenta, se establece la fem inducida  $-L(\Delta i/\Delta t)$  en oposición al voltaje de la batería  $V_0$ .

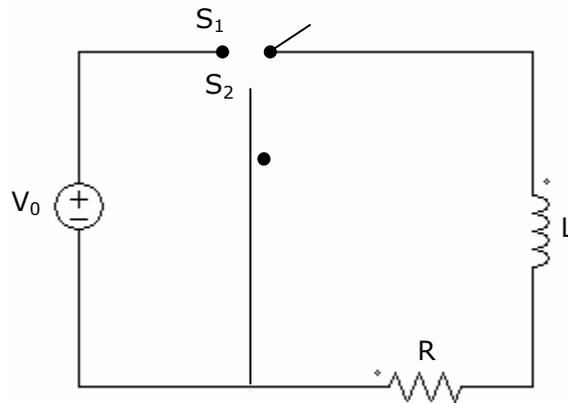


fig. 5

La fem neta debe ser igual que la caída de potencial  $i \cdot R$  a través del resistor. Por lo tanto,

$$V_0 - L \frac{\Delta i}{\Delta t} = i \cdot R$$

Con la utilización de herramientas de cálculo diferencial e integral, se puede deducir que la elevación de la corriente como función del tiempo se obtiene por medio de

$$i(t) = \frac{V_0}{R} \cdot (1 - e^{-(R/L) \cdot t})$$

Esta ecuación muestra que la corriente  $i$  es igual a cero cuando  $t = 0$  y que tiene un máximo  $V_0/R$  donde  $t = \infty$ . El efecto de la inductancia en un circuito es retrasar el establecimiento de esta corriente máxima. La elevación y decaimiento de la corriente en un circuito inductivo se muestra en la figura 19. La constante de tiempo para un circuito inductivo es

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

$\tau$  está en segundos, cuando  $L$  se expresa en Henry (H) y  $R$  en Ohm.

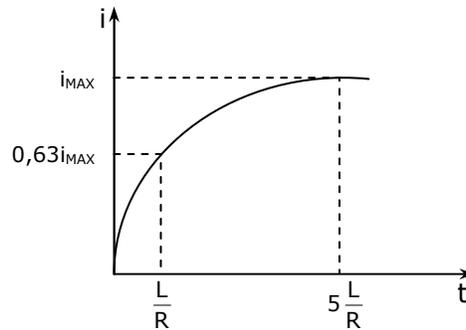


fig. 6

**En un circuito inductivo la corriente se elevará al 63 por ciento de su valor final en una constante de tiempo ( $L/R$ ).**

Después de que la corriente que se ilustra en la figura 6 ha alcanzado un valor estacionario, si el interruptor se mueve a la posición  $S_2$ , la corriente decaerá exponencialmente. Una vez más, por razones prácticas se considera que el tiempo de elevación o decaimiento para un inductor es cinco veces la constante de tiempo ( $5L/R$ ).

### Circuito en serie de ca (RLC)

En general un circuito en serie de ca (corriente alterna), consta de resistencia, capacitancia e inductancia, en cantidades variables. Una combinación en serie de estos parámetros se ejemplifica en la figura 7. La caída total del circuito de cc (corriente continua) en serie, es simplemente la suma de la caída a través de cada elemento del circuito. En el circuito de ca, sin embargo, el voltaje y la corriente no están en fase entre sí. Recuerde que  $V_R$  siempre está en fase con la corriente,  $V_L$  adelanta a la corriente en  $90^\circ$  y  $V_C$  se atrasa a la corriente en  $90^\circ$ .

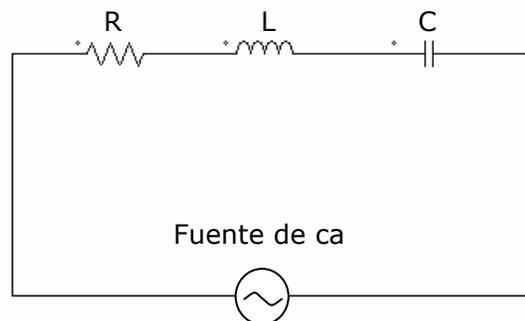


fig. 7

## Resonancia en un circuito RLC

Cuando el voltaje aplicado tiene esta frecuencia, la cual se conoce como la frecuencia de resonancia, la corriente que fluye por el circuito será máxima. Además, hay que señalar que en vista de que la corriente está limitada tan sólo por la resistencia, está en fase con el voltaje.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

El circuito de antena en un receptor de radio contiene un capacitor variable que actúa como sintonizador. La capacitancia se modifica hasta lograr que la frecuencia de resonancia sea igual a la frecuencia particular de la señal que se desea sintonizar. Cuando esto sucede, la corriente es máxima y el receptor responde a la señal así captada.

## Transformadores

Existen muchos tipos de transformadores los que podemos encontrar en el tendido eléctrico o en una subestación eléctrica. También para cargar un teléfono celular o dentro de los artefactos eléctricos. La función principal de un transformador es cambiar la magnitud de un voltaje alterno en otra magnitud. Un transformador se puede construir en base a dos bobinas. Una de ellas es llamada **primaria** y la otra **secundaria**. En la figura 8 se muestra un esquema de un transformador. Existe una relación entre el voltaje primario y el voltaje inducido o secundario:

$$\frac{V_p}{V_s} = \frac{I_s}{I_p} = \frac{N_p}{N_s}$$

$V_p$  es el voltaje primario,  $V_s$  es el voltaje inducido,  $I_p$  es la corriente en el primario,  $I_s$  es la corriente en el secundario,  $N_p$  es el número de vueltas de la bobina primaria y  $N_s$  el número de vueltas de la bobina secundaria.

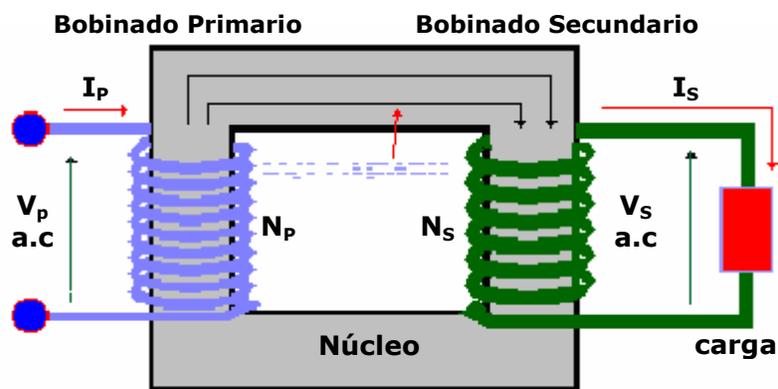


fig. 8

### EJEMPLOS

1. En la figura 9 se aprecia una espira circular, w, por la que circula corriente eléctrica de tal forma que en su cara superior se aprecian cruces. Sobre w se coloca una espira z por la que no circula corriente eléctrica, al aumentar la corriente en w, hará que en la espira z

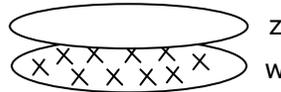


fig. 9

- A) aparezca una corriente con sentido horario.  
 B) aparezca un polo norte en su cara superior.  
 C) no suceda nada ya que no la afecta el cambio de corriente en w.  
 D) se cree un polo sur en su cara superior.  
 E) aparezca una corriente que gire con el mismo sentido que en w.
2. Al acercar un imán a una espira, tal como se aprecia en la figura 10, hará que la espira

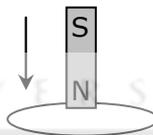


fig. 10

- A) le presente un polo norte al imán y cuando este se aleja, la espira le presenta un polo sur.  
 B) conduzca corriente eléctrica con sentido horario.  
 C) cambie la polaridad del imán.  
 D) le presente un polo sur al imán y cuando este se aleja, la espira le presenta un polo norte.  
 E) comience a girar.
3. Un condensador de placas paralelas cumple que
- I) cuando las placas se acercan entre si, aumenta su capacidad.  
 II) cuando crece el área de las placas disminuye su capacidad.  
 III) cuando se coloca entre las placas un material aislante su capacidad aumenta.

Es (son) verdadera(s)

- A) sólo I.  
 B) sólo II.  
 C) sólo III.  
 D) sólo I y II.  
 E) sólo I y III.

**PROBLEMAS DE SELECCIÓN MÚLTIPLE**

1. El circuito A es alimentado por una fuente de voltaje alterno, al lado hay otro circuito, B, que no está conectado a ninguna fuente. Respecto a la situación descrita es correcto afirmar que

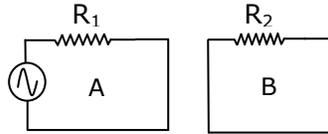


fig. 11

- A) por  $R_2$  circulará una corriente eléctrica.  
 B) hay un campo magnético constante creado por el circuito A.  
 C) el circuito B no crea un campo magnético.  
 D)  $R_1$  no permite que el circuito A cree un campo magnético.  
 E) sólo si  $R_1 = R_2$  circulará corriente por el circuito B.
2. Un transformador tiene 2.500 vueltas de espira en el primario y 50 vueltas en el secundario, si este transformador es conectado a la red eléctrica de 220 V, entregará a la salida un voltaje de
- A) 220 V  
 B) 110 V  
 C) 50 V  
 D) 8 V  
 E) 4,4 V
3. Un circuito está formado por una fuente de voltaje de 20 V, una resistencia de  $4 \Omega$  y un condensador de  $80 \mu\text{F}$ . Es correcto afirmar que la carga almacenada en el condensador es igual a

- A) 4 C  
 B)  $25 \cdot 10^{-2}$  C  
 C)  $25 \cdot 10^{-4}$  C  
 D)  $16 \cdot 10^{-4}$  C  
 E)  $4 \cdot 10^{-6}$  C

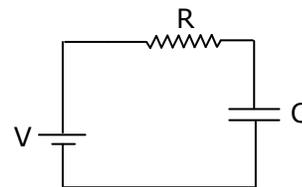


fig. 12

4. El circuito de tres componentes de la figura 13, muestra una fuente de voltaje de 40 V, una resistencia de  $10 \Omega$  y un condensador de  $20 \mu\text{F}$ . La carga almacenada en el condensador es igual a

- A)  $8 \cdot 10^2 \text{ C}$   
 B)  $8 \text{ C}$   
 C)  $8 \cdot 10^{-4} \text{ C}$   
 D)  $4 \cdot 10^{-4} \text{ C}$   
 E)  $2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$

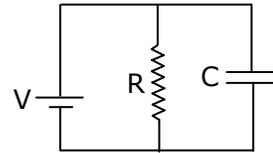


fig. 13

5. Los condensadores sirven para almacenar energía, la figura 14 muestra un circuito donde se ve una fuente de potencial eléctrico de 40 V, una resistencia eléctrica de  $10 \Omega$  y un condensador de  $10 \mu\text{F}$ . La energía que está almacenada en el condensador es

- A)  $8 \cdot 10^{-3} \text{ J}$   
 B)  $4 \cdot 10^{-4} \text{ J}$   
 C)  $4 \cdot 10^2 \text{ J}$   
 D)  $8 \cdot 10^2 \text{ J}$   
 E)  $8 \cdot 10^{-1} \text{ J}$

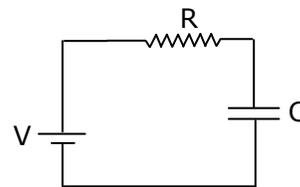


fig. 14

6. Se tiene una configuración de 5 condensadores, todos de igual medida C, entonces es correcto afirmar que la capacidad equivalente entre los puntos P y Q es igual a

- A)  $\frac{8}{5} \text{ C}$   
 B)  $\frac{5}{3} \text{ C}$   
 C)  $\frac{3}{2} \text{ C}$   
 D)  $\frac{5}{8} \text{ C}$   
 E)  $\frac{3}{5} \text{ C}$

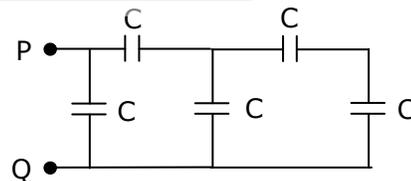


fig. 15

7. La configuración de 7 condensadores que muestra la figura 16, determina que entre los puntos P y Q la capacidad equivalente es

- A)  $19\text{C}$   
 B)  $12\text{C}$   
 C)  $7\text{C}$   
 D)  $4\text{C}$   
 E)  $\text{C}$

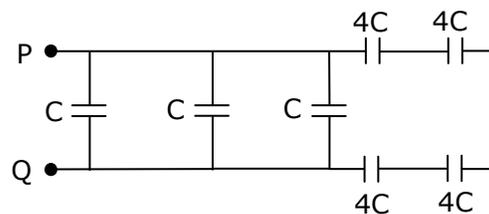


fig. 16

8. En el circuito RC mostrado en la figura 17, al cerrar el interruptor S la diferencia de potencial en el condensador se comportará como se muestra en

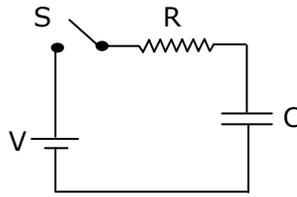
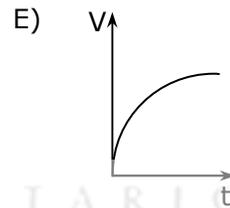
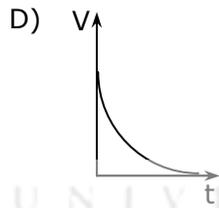
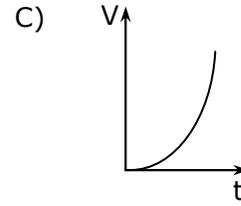
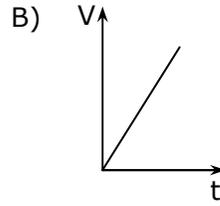
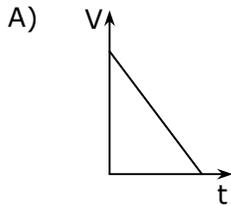


fig. 17



9. La figura 18 muestra un circuito RC, es correcto afirmar que al cerrar el interruptor S, la intensidad de corriente eléctrica a través del circuito variará de acuerdo al gráfico

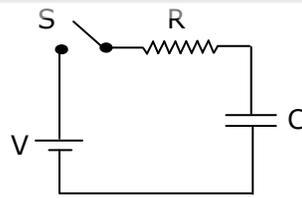
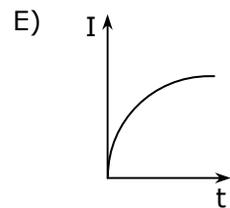
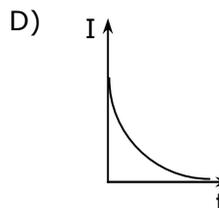
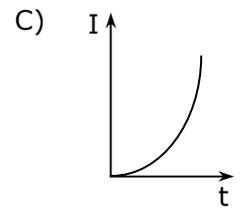
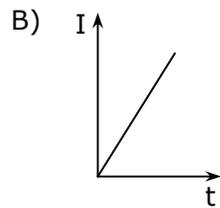
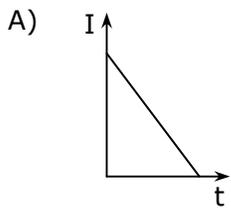


fig. 18



10. Se tiene un circuito RLC el cual está conectado a una fuente alterna de 220 V efectivos. Si la bobina es de 100 H, la resistencia de  $20 \Omega$  y el condensador de  $4 \mu\text{F}$ , entonces la frecuencia de resonancia del circuito, considerando  $\pi = 3$ , es aproximadamente

- A) 5.000,0 Hz
- B) 100,0 Hz
- C) 50,0 Hz
- D) 8,3 Hz
- E) 0,6 Hz

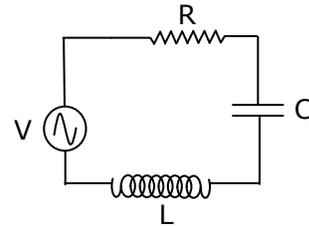


fig. 19

11. Se conecta a los 220 V un reproductor portátil de CD, el cual funciona con un voltaje de 9 V, por lo tanto, es necesario usar un transformador, cuyo voltaje de salida sea 9 V. Si la bobina secundaria del transformador tiene 90 vueltas, el número de vueltas de la bobina primaria debe ser

- A) 22
- B) 90
- C) 220
- D) 900
- E) 2.200

12. En una espira circular no conectada a ninguna fuente de voltaje está circulando una corriente eléctrica  $I$  con el sentido mostrado en la figura 20, cerca de la espira se observa un imán. Es correcto afirmar de esta situación que el imán

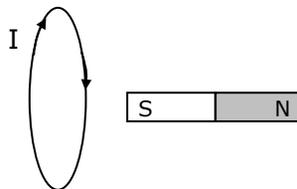


fig. 20

- A) está en reposo.
- B) se está acercando a la espira.
- C) no puede influir para que circule corriente en la espira si esta no se conecta a una fuente.
- D) se está alejando de la espira.
- E) está girando en torno a un eje que pasa por ambos polos.

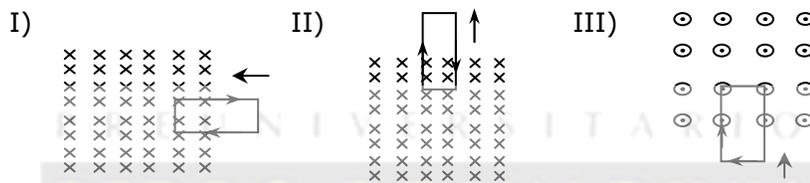
13. Respecto al campo y flujo magnético se afirma que

- I) la unidad de medida del flujo magnético en el SI es el weber.
- II) el campo magnético y el flujo magnético son magnitudes vectoriales.
- III) en el SI el campo magnético se mide en Tesla.

De estas afirmaciones es (son) verdadera(s)

- A) sólo I.
- B) sólo II.
- C) sólo III.
- D) sólo I y III.
- E) I, II, y III.

14. Las figuras muestran tres campos magnéticos y en cada uno de ellos se aprecia una espira rectangular entrando o saliendo del campo y en ella se indica la corriente inducida en ella, entonces es correcto lo que se muestra en



- A) sólo en I.
- B) sólo en II.
- C) sólo en III.
- D) sólo en I y II.
- E) sólo en II y III.

**CLAVES DE LOS EJEMPLOS**

1 B    2 A    3 E

**DMDFM-33**

**Puedes complementar los contenidos de esta guía visitando nuestra web  
<http://www.pedrodevaldivia.cl/>**