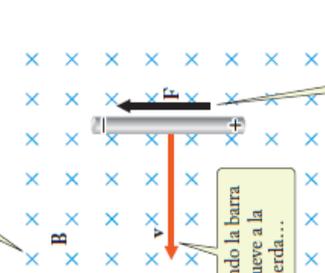
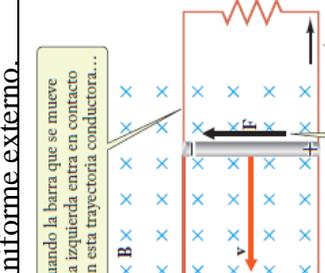
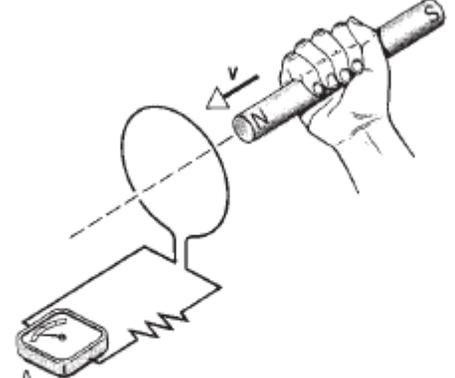
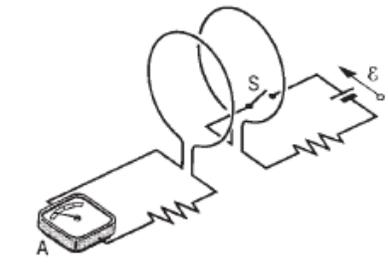
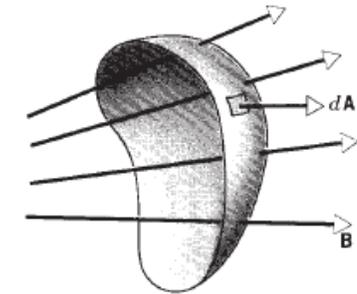


Generación de una fuerza electromotriz debida al movimiento **FEM DE MOVIMIENTO**

<p>El campo magnético B está dirigido hacia el plano de la página.</p>  <p>Cuando la barra se mueve a la izquierda...</p> <p>...la fuerza magnética empuja hacia arriba a los electrones libres.</p>	<p>Barra conductora móvil con velocidad v a través de un campo magnético uniforme externo.</p> <p>Cuando la barra que se mueve a la izquierda entra en contacto con esta trayectoria conductora...</p>  <p>...los electrones fluyen en el sentido de las manecillas del reloj alrededor de la trayectoria...</p> <p>...y la corriente convencional fluye en sentido contrario al de las manecillas del reloj.</p>
<p>Si los extremos de la barra están en contacto con un par de alambres largos, por el circuito fluye una corriente inducida, debido a que se induce una FEM.</p>	

LEY DE FARADAY – LENZ

Experimentos de Faraday

 <p>No hay baterías. El amperímetro registra lectura cuando el imán se aproxima a la espira</p>	 <p>El amperímetro registra lectura momentáneamente SÓLO cuando el interruptor S cierra o abre. No hay movimiento físico de las espiras</p>	 <p style="text-align: center;">El flujo del vector campo magnético Φ_B</p>
--	---	---

$$\Phi_B = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A}.$$

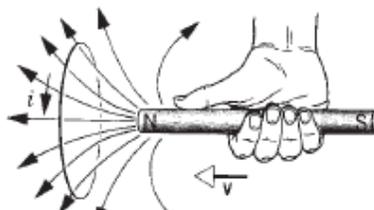
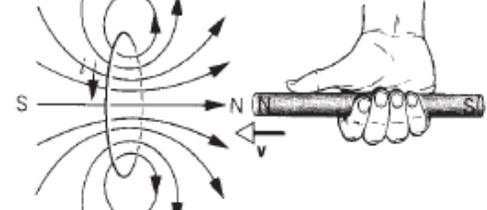
$$\Phi_B = BA \cos \theta,$$

Ley de Faraday de la inducción: *La fem inducida en un circuito es igual a la tasa negativa a la que el flujo magnético dentro de un circuito, cambia en el tiempo.*

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}.$$

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi_B}{dt}.$$

Ley de Lenz: *La corriente inducida en un circuito conductor cerrado aparece en una dirección tal que se opone al cambio que la produce.*

 <p>Cuando el imán se empuja hacia la espira, el flujo magnético a través de la espira se incrementa. La corriente inducida a través de la espira establece un campo magnético que se opone la incremento del flujo magnético</p>	 <p>Cuando el imán se empuja hacia la espira, la corriente inducida i tiene la dirección que se muestra, dando lugar a un campo magnético que se opone al movimiento del imán (revise la dirección del campo magnético en una espira que conduce corriente: Unidad 10)</p>
--	--

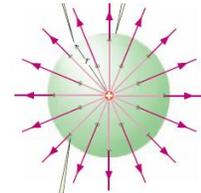
ECUACIONES DE MAXWELL *Tomado de Física Vol. 2 Ohanian/Markert, Serway, Resnick*

(Permiten el acoplamiento y unificación de los fenómenos eléctrico y magnético)

Ley de Gauss para electricidad

El flujo eléctrico total a través de cualquier superficie cerrada es igual a la carga neta dentro de tal superficie dividida por ϵ_0 .
 → basada en la Ley de Coulomb que describe las fuerzas de atracción y repulsión entre cargas estacionarias.

$$\Phi_E = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{A} = \frac{Q_{\text{dentro}}}{\epsilon_0} \quad \text{o bien} \quad \oint E_{\perp} dA = \frac{Q_{\text{dentro}}}{\epsilon_0} = \Phi_E$$



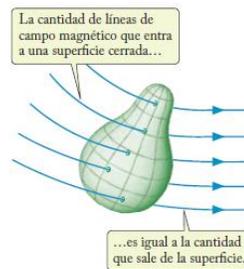
\mathbf{E}_{\perp} componente normal a la superficie

Ley de Gauss para magnetismo

El flujo magnético neto total Φ_B a través de cualquier superficie cerrada es cero.

→ El número total de líneas de campo magnético que entran en un volumen cerrado deben ser igual al número de líneas que lo dejan.
 → Las líneas de campo magnético no comienzan y terminan en cualquier punto.

$$\Phi_B = \oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{A} = 0 \quad \text{o bien} \quad \oint B_{\perp} dA = 0 = \Phi_B$$



Ley de Faraday de la inducción

Describe la creación de un campo eléctrico por un flujo magnético cambiante.

→ La fem inducida alrededor de una trayectoria cerrada en un campo magnético, es igual a la razón de cambio de flujo magnético interceptado por la superficie en el interior de la trayectoria.

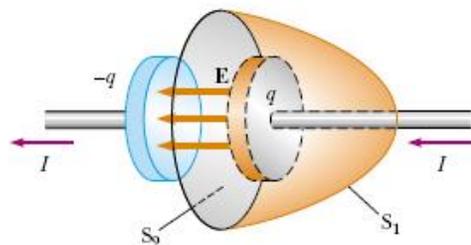
En términos del campo eléctrico inducido

$$\epsilon = \oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad \text{o bien} \quad \oint E_{\parallel} ds = -\frac{d\Phi_B}{dt} = \epsilon$$

Ley de Ampère – Maxwell

Basada en la Ley de la fuerza magnética entre cargas móviles y también contiene la inducción de un campo magnético por un flujo eléctrico variable.

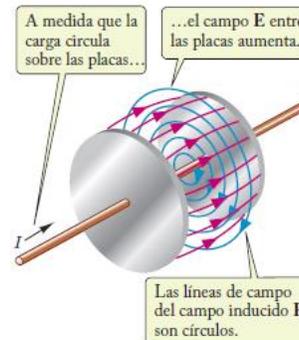
$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} \quad \text{o bien,} \quad \oint B_{\parallel} ds = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$



La corriente $I = dq/dt$ existe sólo en los cables unidos a las placas del capacitor, y por lo tanto pasa a través de la superficie S_1 pero no a través de la superficie S_2 . Sólo la **corriente de desplazamiento** $I_d = \epsilon_0 d\Phi_E/dt$ pasa a través de S_2 . Las dos corrientes deben igualarse por continuidad.

corriente de desplazamiento

$$I_d = \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} = \frac{dq}{dt}$$



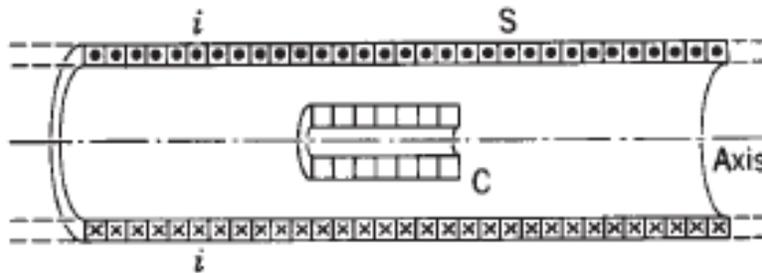
EJERCICIOS 9 y 10 DE LA SERIE 2

(para entregar en fecha posterior)

Ejercicio 9: El solenoide largo S conduce una corriente variable con el tiempo, por lo que su campo magnético será cambiante. En su centro se coloca un pequeño serpentín C (vea la figura). La corriente en el solenoide se incrementa desde cero hasta uno valor en ampere en un cierto intervalo de tiempo.

De acuerdo a la Ley de Lenz,

¿cuál es la dirección de la corriente que aparece en el serpentín C? **Índíquelo en la ilustración y argumente su respuesta.**



Observe la siguiente simbología: Si la corriente del solenoide S “entra” al plano de la página se indica con \otimes y si “sale” del plano se indica con \odot

TIP: Para resolver la pregunta que se plantea, primero debe emplear la regla de la mano derecha para saber la dirección del campo magnético del solenoide S (si es necesario revise el contenido de la unidad 10 sobre solenoides). Dibuje este campo magnético en la ilustración.

Ejercicio 10. Las ecuaciones de Maxwell son una compilación de leyes fundamentales que se requieren para una descripción matemática completa del comportamiento de campos eléctricos y magnéticos

Escoja la opción correcta:

- i) Identifique cada una de las ecuaciones de Maxwell. Indique cuál es la ecuación que matemáticamente refleja que no existen polos magnéticos aislados (monopolos). Explique su respuesta.

$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{Q_{inside}}{\epsilon_0}$	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 I + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$

- ii) Un enunciado equivalente a la ley de Lenz es:explique su respuesta

- Las corrientes inducidas producen campos magnéticos que refuerzan el campo magnético que las indujo en primer lugar.
- Las corrientes inducidas producen campos magnéticos que refuerzan el cambio en el campo magnético que las indujo en primer lugar.
- Las corrientes inducidas producen campos magnéticos que se oponen al campo magnético que las indujo en primer lugar.
- Las corrientes inducidas producen campos magnéticos que se oponen al cambio en el campo magnético que las indujo en primer lugar.