Bases Físicas del Medio Ambiente

Inducción Magnética y Corriente de Circuitos de Corriente Alterna

Programa

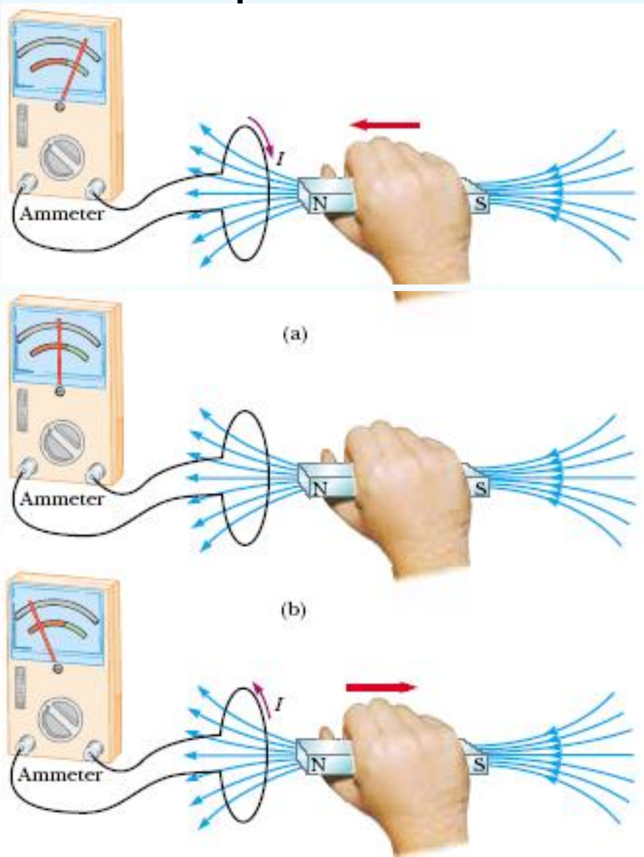
- **XIV. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA (2h)**
- Ley de inducción de Faraday. Ley de Lenz. Aplicaciones de la ley de Faraday. Corrientes de Foucault. Inducción mutua. Autoinducción. Circuito LR. Energía magnética. Circuitos LC y LRC: oscilaciones eléctricas. Generadores de corriente alterna. Corriente alterna en una resistencia. Corriente alterna en un condensador. Corriente alterna en una bobina. Circuito LRC en serie con un generador. Potencia. Resonancia.

Programa

- **XIV. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA (2h)**
- Ley de inducción de Faraday. Ley de Lenz. Aplicaciones de la ley de Faraday. Corrientes de Foucault. Inducción mutua. Autoinducción. Circuito LR. Energía magnética. Circuitos LC y LRC: oscilaciones eléctricas. Generadores de corriente alterna. Corriente alterna en una resistencia. Corriente alterna en un condensador. Corriente alterna en una bobina. Circuito LRC en serie con un generador. Potencia. Resonancia.

Inducción Magnética

- Electricidad y magnetismo hasta el momento:
  - $\vec{E}$ debido a una carga estacionaria
  - $\vec{B}$ debido a una carga en movimiento (o una corriente)
- Para un lazo sin corriente
  - Existe o no un campo magnético constante … no importa
    - Como no tiene ningún momento magnético
    - No experimenta ninguna fuerza
- Ahora: ¿si $\vec{B}$ varía en tiempo?
  - Produce una "Fuerza" Electromotriz
  - (Experimentos en 1831)
- Importancia
  - Corriente sin batería
  - "Corriente inducida"



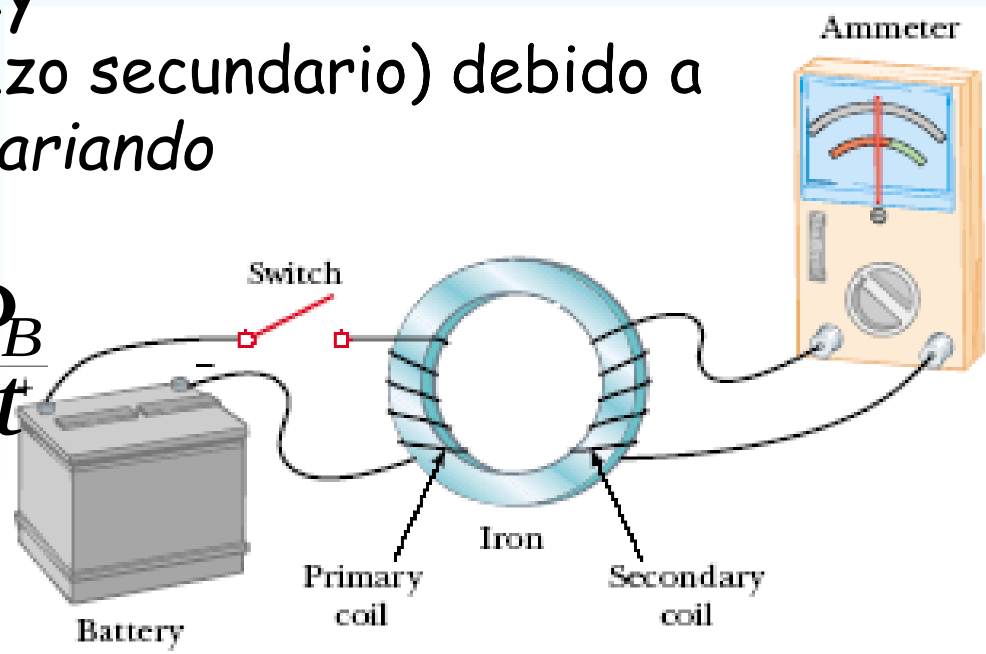
Michael Faraday (1791 – 1867)

El experimento de Faraday

- Al cerrar el interruptor
  - Un campo $\vec{B}$ se forma en el hierro
  - Fuerza electromotriz *momentáneo*
    - En el instante que se cierra el interruptor
    - Luego, en el instante que se abre
  - En estos instantes, cambia $\vec{B}$ en el hierro
- Conclusión de Faraday
  - Corriente inducida (lazo secundario) debido a
  - Campo magnético $\vec{B}$ *variando*

Ley de inducción de Faraday

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$



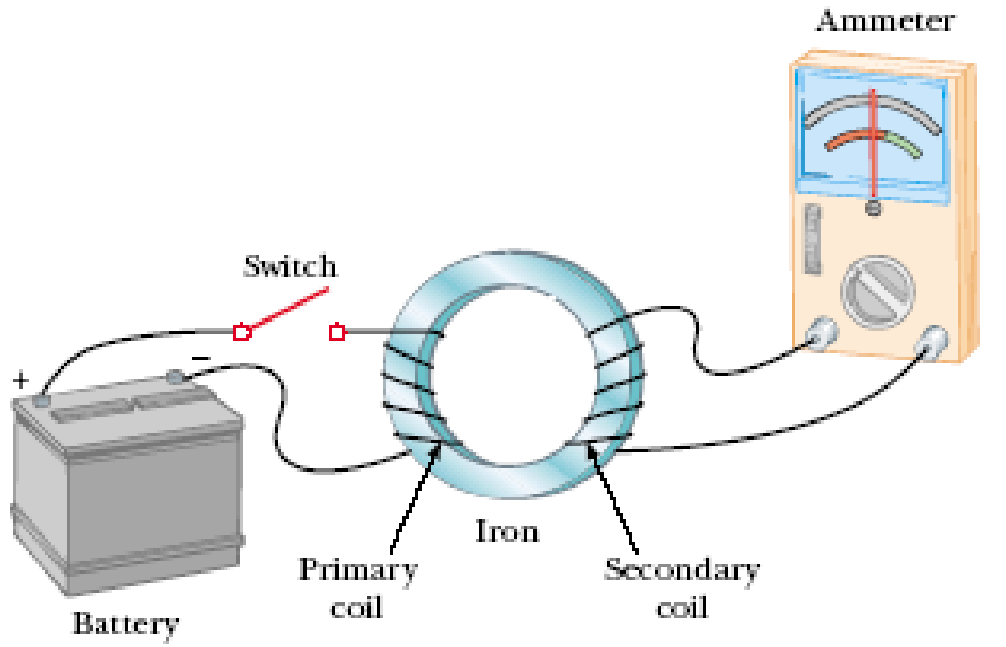
Ley de inducción de Faraday

- Empíricamente: relación entre
  - Cambio de flujo magnético ($\Phi_B = \int \vec{B} \cdot d\vec{A}$) en hierro
  - Número (N) de espiras de igual superficie
  - Fuerza electromotriz

$$\varepsilon = -N\frac{d\Phi_B}{dt}$$

- Más generalmente, para un lazo tenemos:

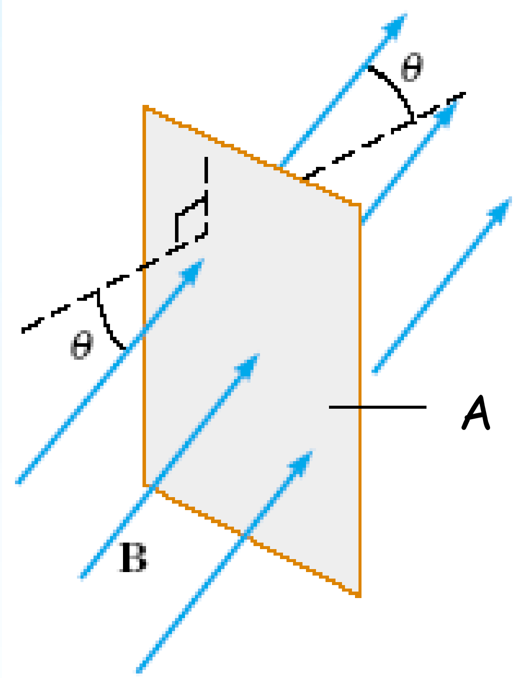
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$



Ley de inducción de Faraday: Un caso sencillo

- Lazo en un campo magnético constante

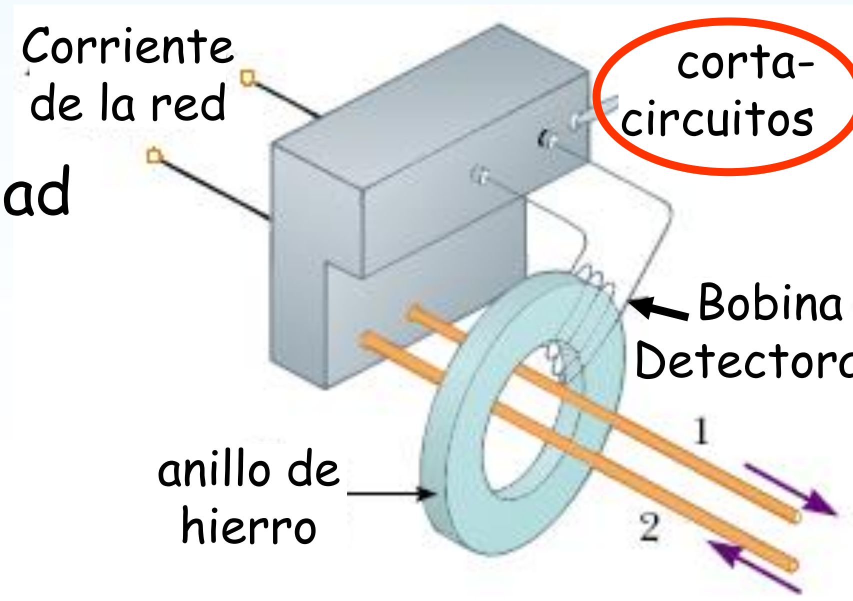
$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \qquad \varepsilon = -\frac{d}{dt}\left(BA\cos\theta\right)$$



- Una fuerza electromagnética se puede generar si:
  - Cambia la magnitud de $\vec{B}$ con tiempo
  - Cambia la superficie A con tiempo
  - Cambia el ángulo θ entre $\vec{B}$ y el vector normal a la superficie
  - Combinación de los anteriores

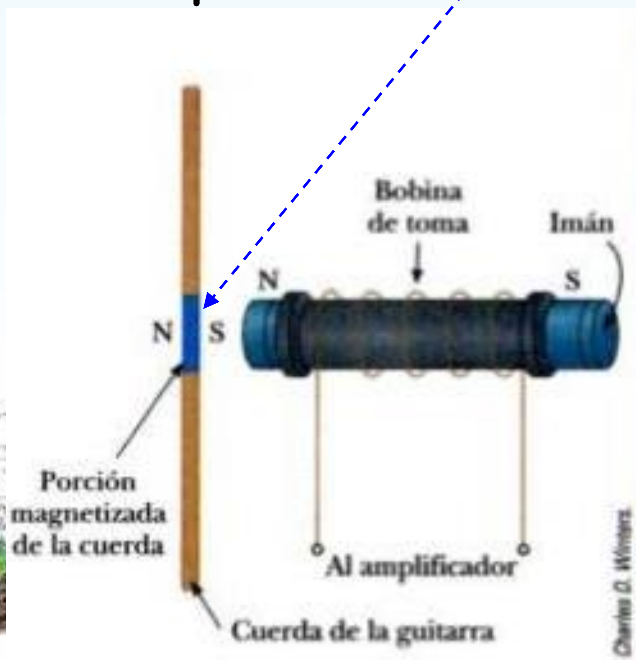
Ley Faraday: Aplicaciones Interruptor por fallas a tierra

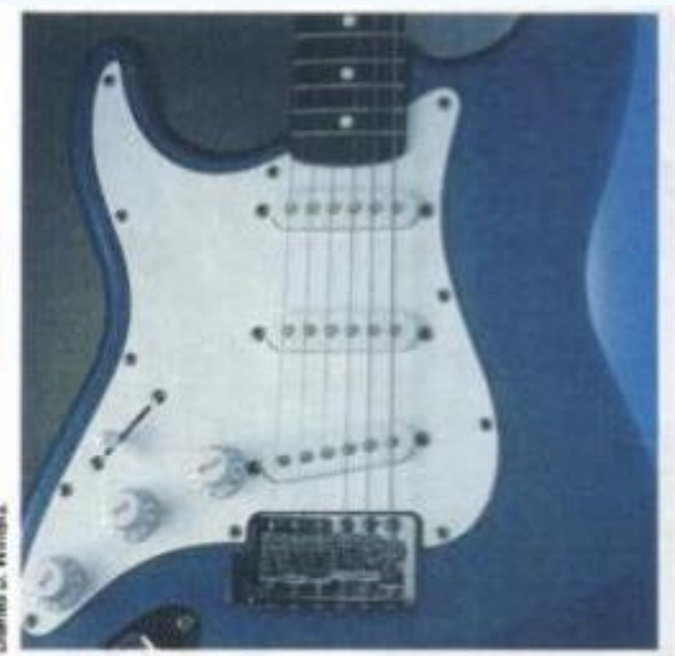
- La corriente (220V, 50Hz) de la red
  - Corrientes (alternas) opuestas en 1 y 2
    - 1 Hasta el electrodoméstico (del enchufe en la pared)
    - 2 Volviendo del electrodoméstico
  - Flujo magnético (Φ_B) en la bobina detectora = 0
- Si pasa algo con el electrodoméstico
  - Cambia la corriente I_2
  - Varía Φ_B en el anillo
  - Causa (según Faraday,) una ε en la bobina detectora
    - Detecta anormalidad
      - Corta el circuito
      - Protege al usuario



Ley Faraday: Aplicaciones
Bobina de toma (guitarra eléctrica)

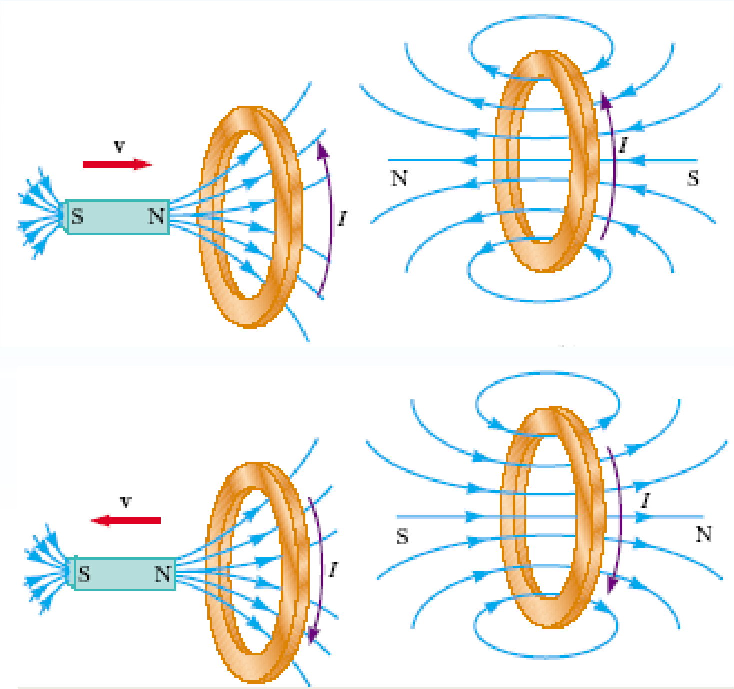
- Cuerda de guitarra eléctrica
  - Fabricada de un metal magnetizable
  - El imán permanente magnetiza una porción de la cuerda
- Al vibrar la cuerda con cierta frecuencia
  - Flujo magnético (Φ_B) *variable* debido al segmento magnetizado
  - (Faraday) : fuerza electromotriz (ε) en la bobina de toma
- La ε alimenta a un amplificador





Dirección de la Corriente
Ley de Lenz

- La ley de Faraday indica signos opuestos para
  - El cambio en el flujo magnético (Φ_B)
  - La ε inducida
- Físicamente, esto implica que
  - La corriente inducida es en la dirección que creé un campo magnético que oponga el cambio de flujo magnético (Φ_B)

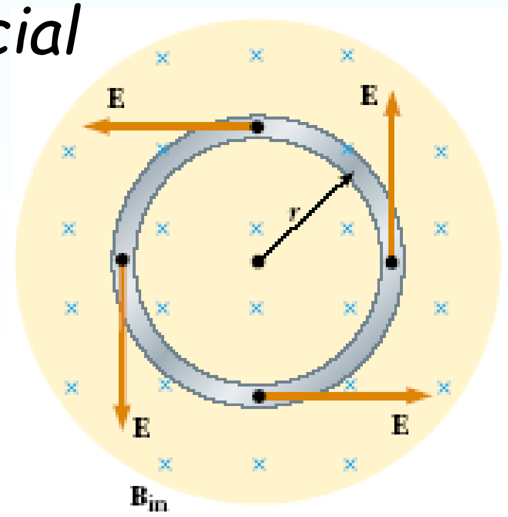


Fuerza Electromotriz Inducida y el Campo Eléctrico

- El cambio en el flujo magnético (Φ_B) induce
  - Tanto una ε como una corriente en un lazo
  - De la electrodinámica (Tema 12) sabemos que
    - Una corriente eléctrica en un conductor se asocia con
    - Un campo eléctrico en el conductor
- Conclusión: el cambio en Φ_B induce un $\vec{E}$
- El campo eléctrico inducido *no es conservativo*
  - Diferente al campo creado por cargas estacionarias
  - Al fluctuar Φ_B, en la dirección *tangencial*

$$\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\vec{E}$$



El Campo Eléctrico inducido no es conservativo

- Examinamos el trabajo hecho por $\vec{E}$ para que una carga de prueba q da la vuelta una vez
  - De la definición de potencial eléctrico $W = q\varepsilon$
  - Paralelamente $W = F\Delta d = (qE)2\pi r$
- Igualando: $q\varepsilon = (qE)2\pi r$ $\quad E = \dfrac{\varepsilon}{2\pi r} = -\dfrac{1}{2\pi r}\dfrac{d\Phi_B}{dt}$
- (Faraday)

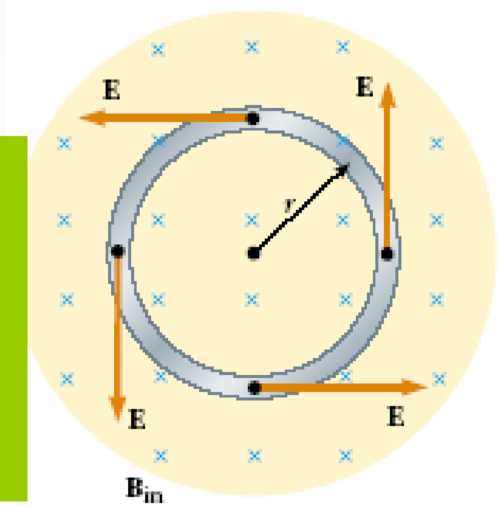
$\Phi_B = BA \quad = B\pi r^2$ $\quad = -\dfrac{r}{2}\dfrac{dB}{dt}$

- $\vec{E}$ integrado por el camino cerrado:

$$\oint \vec{E}\cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

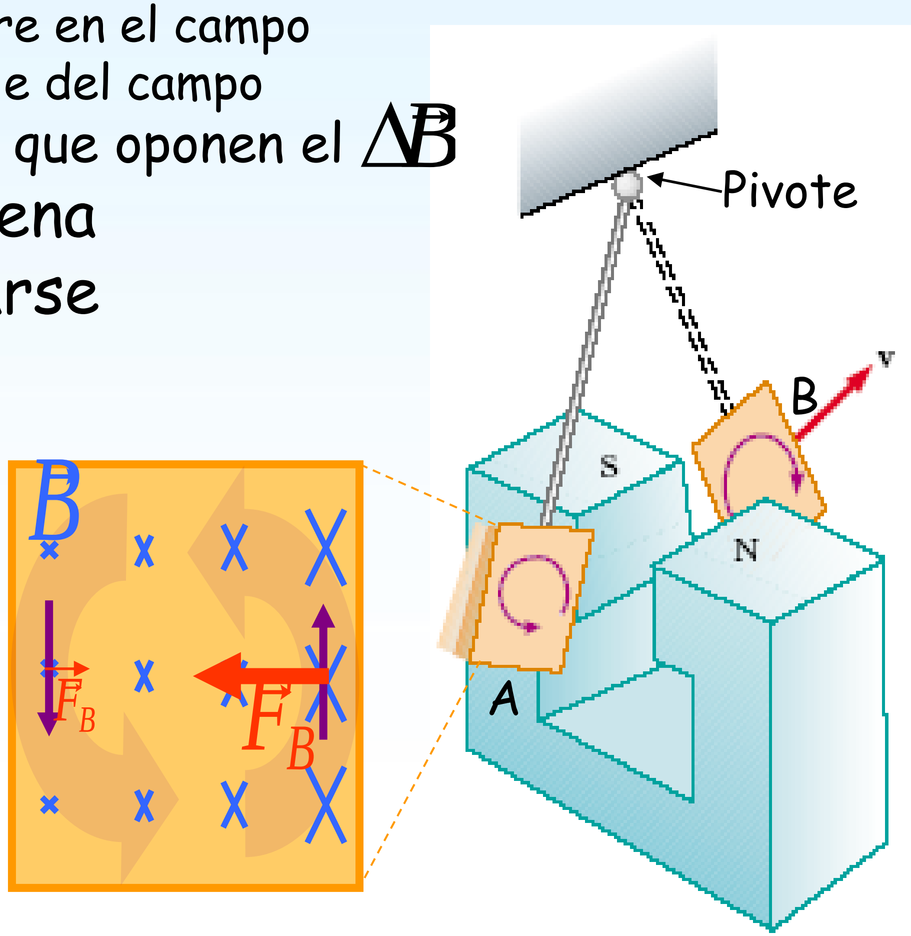
El campo eléctrico inducido por un campo magnético fluctuando:

No es conservativo.
No es electrostático.



Corriente de Foucault

- Placa metálica colgando de un pivote, balanceándose entre polos de imán
- Velocidad a la derecha; dos puntos
  - A: $\vec{B}$ aumentando conforme entre en el campo
  - B: $\vec{B}$ reduciéndose conforme sale del campo
  - Lenz: corrientes circulatorios que oponen el $\Delta\vec{B}$
- El efecto neto de los $\vec{F}_B$ frena
- Finalmente, deja de balacearse
- Conversión
  - Energía cinética
  - Energía interna
- Aplicaciones
  - Frenos de metros



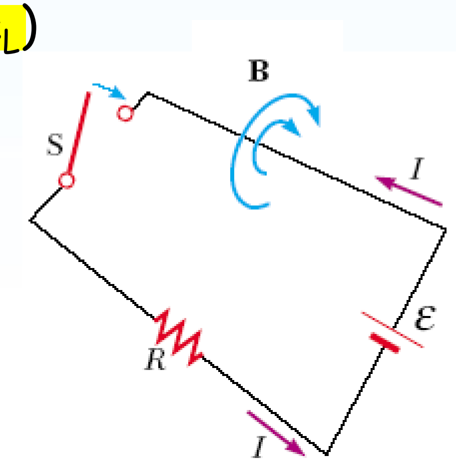
Programa

- **XIV. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA (2h)**
- Ley de inducción de Faraday. Ley de Lenz. Aplicaciones de la ley de Faraday. Corrientes de Foucault. Inducción mutua. Autoinducción. Circuito LR. Energía magnética. Circuitos LC y LRC: oscilaciones eléctricas. Generadores de corriente alterna. Corriente alterna en una resistencia. Corriente alterna en un condensador. Corriente alterna en una bobina. Circuito LRC en serie con un generador. Potencia. Resonancia.

Autoinducción

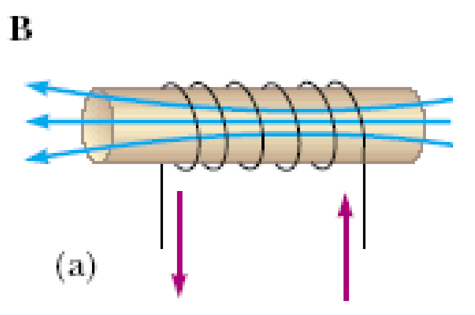
- Consideramos un circuito con:
  - Interruptor (S)
  - Resistencia (R)
  - Fuerza Electromotriz (ε)
- El cerrar el interruptor,
  - La corriente pasa de cero al máximo ε /R
  - Pero no salta inmediatamente; ¿porqué?
    - Como empiece a subir la corriente I
    - Aumenta el flujo magnético (Φ_B=IA) por el lazo
      - Faraday: induce otra fuerza electromotriz (ε_L)
      - Lenz: en el sentido opuesto

Fuerza Electromotríz
Autoinducida

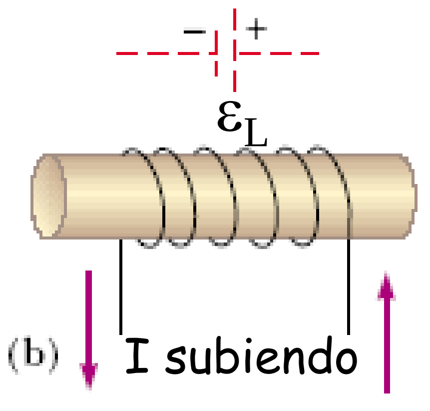


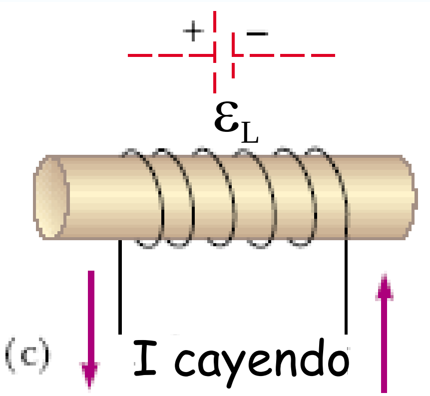
$L=\mu_0 nA$

Inductancia



Ley de Lenz





- La corriente en una bobina quiere mantenerse constante
  - (a) Corriente y campo magnético
  - (b) Aumento de corriente
    - Fuerza electromotriz (ε)
    - Reduce la corriente
  - (c) Disminución de corriente
    - Fuerza electromotriz (ε)
    - Aumenta la corriente
- Faraday:

$$\varepsilon_L = -\frac{d\Phi_B}{dt} = -\frac{d(BA)}{dt}$$

$$B=\mu_0 nI$$

en un solenoide (Lección 13)

$$= -\frac{d((\mu_0 nI)A)}{dt}$$

$$\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$$

Inductancia
Unidades y Significación

- Para la bobina $\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$

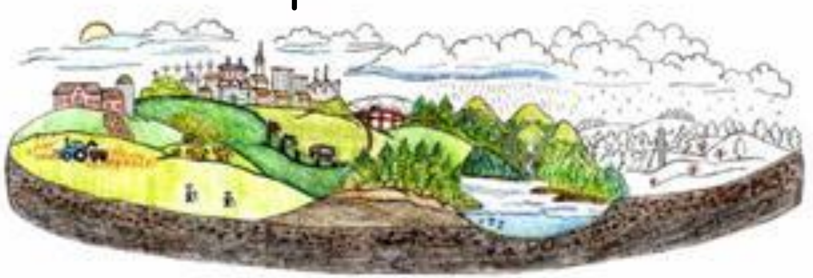
  La unidad de inductancia es el Henry (H):

- Inductancia: $L = -\frac{\varepsilon_L}{\frac{dI}{dt}}$

  1H = 1 V / (1 A / 1 s)

  1H = 1 V s / A

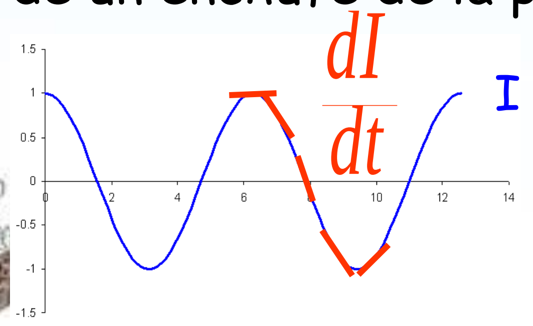
- Analogía:
  - Recordar que R = ΔV / I representa una medida de la oposición a la corriente
  - Pues L = ΔV / (ΔI/ Δt) representa una medida de la oposición al *cambio* en la corriente

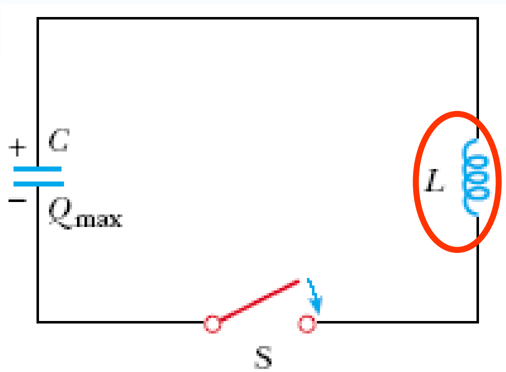


Joseph Henry (1797 – 1878)

Circuitos de Corriente Alterna

- Circuitos: combinaciones de elementos
  - Pilas, resistencias, y condensadores
  - Alambres con resistencia despreciable
- Dos tipos de corriente, según alimentación
  - Corriente Continua (CC): alimentación constante
    - Ejm: la batería de un coche da 12V (cuando conectada)
  - Corriente Alterna (CA): forma sinusoidal
    - Los 220V (50Hz) de un enchufe de la pared

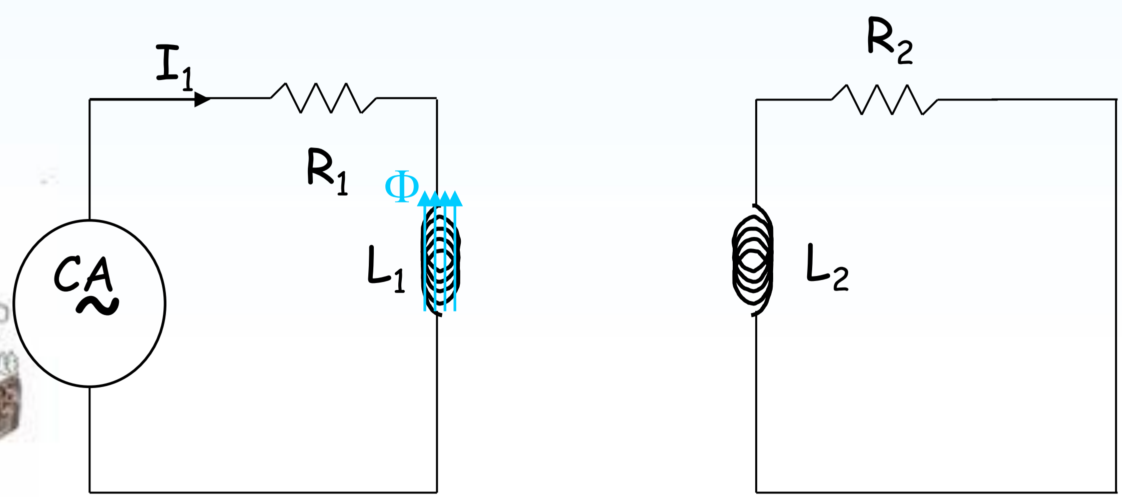




Inducción Mutua

- Consideramos el circuito siguiente
  - La resistencia opone la corriente (pero hay corriente)
  - La inductancia opone el cambio de corriente (pero hay)
  - Entonces, hay un flujo magnético fluctuando, $\Phi_B(t)$
- Si se acerca otro circuito (sin corriente)
- Ahora, Φ_{21} es el flujo magnético en cada espira de L_2 inducido por la corriente en L_1
- La inductancia mutua, M_{21} es el flujo magnético en cada espira de L_2 inducido por la corriente I_1

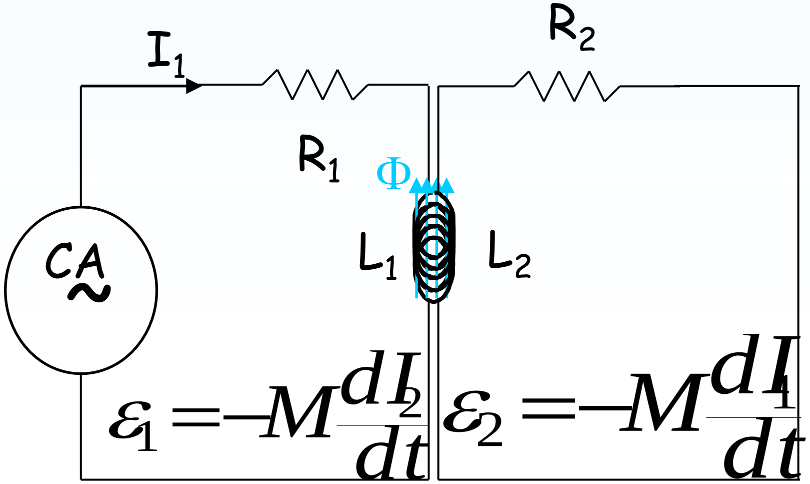
$$M_{12} \equiv \frac{N_2 \Phi_{12}}{I_1}$$



Inducción Mutua

- Hemos definido la inductancia mutua $M_{12} \equiv \dfrac{N_2 \Phi_{12}}{I_1}$
- Fuerza electromotriz inducida en el 2º circuito
  - Faraday: $\mathcal{E}_2 = -N_2 \dfrac{d\Phi_{12}}{dt} = -N_2 \dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{M_{12} I_1}{N_2}\right) = -M_{12}\dfrac{dI_1}{dt}$
- Se puede demostrar (simetría) que $M_{12} = M_{21} = M$
- M tiene unidades de Henry (H)

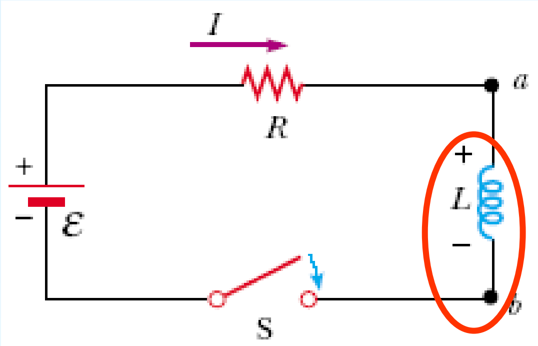
Inducción mutua: la fuerza electromotriz inducida en una bobina es proporcional al cambio de corriente en la otra



Programa

- **XIV. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA (2h)**
- Ley de inducción de Faraday. Ley de Lenz. Aplicaciones de la ley de Faraday. Corrientes de Foucault. Inducción mutua. Autoinducción. Circuito LR. Energía magnética. Circuitos LC y LRC: oscilaciones eléctricas. Generadores de corriente alterna. Corriente alterna en una resistencia. Corriente alterna en un condensador. Corriente alterna en una bobina. Circuito LRC en serie con un generador. Potencia. Resonancia.

Circuitos LR
Inductores

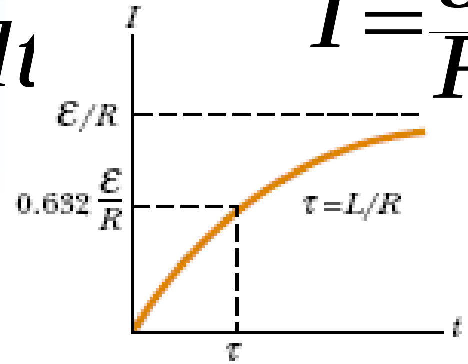


- Una bobina en un circuito
  - Auto inductancia importante
  - Resiste cambios de corriente
  - Elemento llamado un "inductor" (L)
- Cerrar interruptor (t=0); I(t) sube (¿cómo?)
- Sabiendo que $V_L = L\frac{dI}{dt}$
- Aplicamos la 2ª de Kirchhoff (mallas)

$$\varepsilon - IR - L\frac{dI}{dt} = 0 \qquad x + \frac{L}{R}\frac{dx}{dt} = 0 \qquad x = x_0 e^{-\frac{Rt}{L}}$$

Sea $x = \frac{\varepsilon}{R} - I$

$$dx = -dI \qquad \frac{dx}{x} = -\frac{R}{L}dt \qquad I = \frac{\varepsilon}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$



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

Circuitos LR
Inductores

- Un inductor resiste un cambio de corriente, incluso negativo
  - Interruptor inicialmente en la posición *a* (equilibrio)

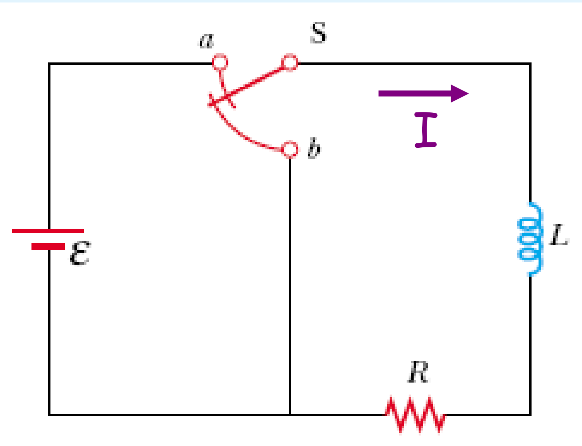
$$I(0) = \frac{\varepsilon}{R}$$

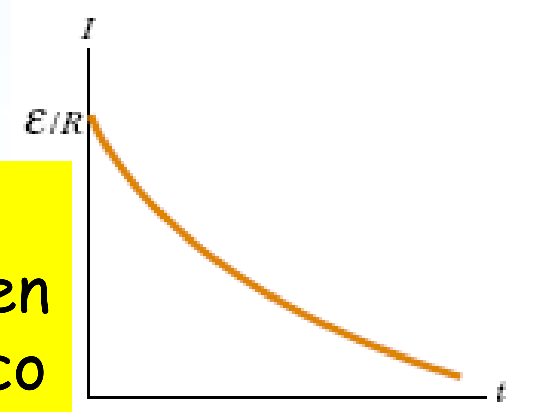
  - En $t=0$, cambia a posición *b*
    - Circuito sin batería
    - Aún hay corriente (2ª Ley de Kirchhoff)
      - La ecuación del circuito

$$-IR - L\frac{dI}{dt} = 0$$

      - Tiene solución

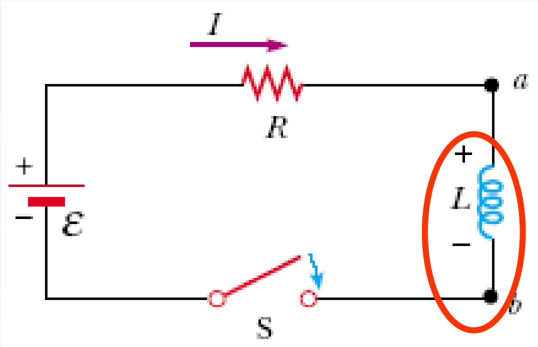
$$I = \frac{\varepsilon}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$





El inductor almacena energía en su campo magnético

Energía magnética en un inductor



- Para el circuito recién conectado

$$\varepsilon - IR - L\frac{dI}{dt} = 0$$

- Multiplicando cada término por I:

$$I\varepsilon = I^2R + LI\frac{dI}{dt}$$

Potencia entregada de la batería

Potencia "perdida" (calor) en la resistencia

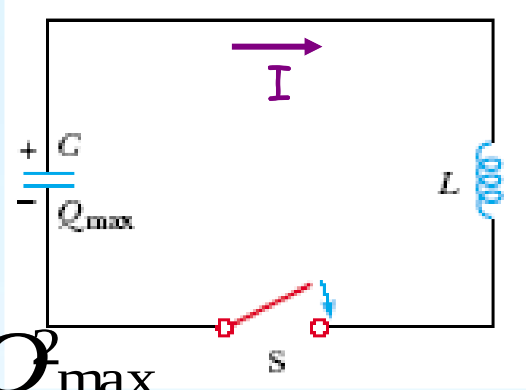
Potencia almacenada en el campo magnético del inductor

$$\int \frac{dU}{dt} = L\int I\frac{dI}{dt}$$

$$U = \frac{1}{2}LI^2$$

Energía que se almacena en un inductor

El Circuito LC



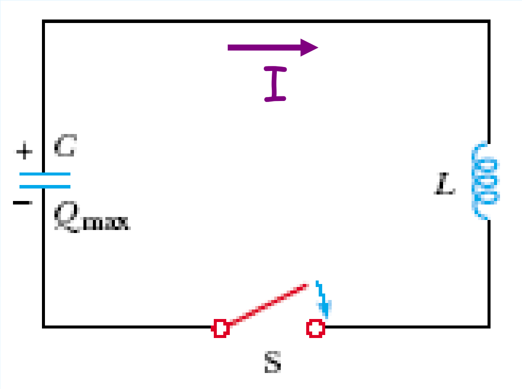
- Condensador inicialmente cargado con Q_{max}, y se cierra interruptor:
- Examinamos la energía
  - En $t=0$, en el $\vec{E}$ del condensador $U=\dfrac{Q_{max}^2}{2C}$
  - Crece una corriente (I), para descargar C
  - Al crecer, almacena energía en L $U=\dfrac{1}{2}LI^2$
- La energía total almacenada es constante

$$U=U_C+U_L=\frac{Q_{max}^2}{2C}+\frac{1}{2}LI^2$$

$$\frac{dU}{dt}=\frac{d}{dt}\left(\frac{Q^2}{2C}+\frac{1}{2}LI^2\right)=\frac{Q}{C}\frac{dQ}{dt}+LI\frac{dI}{dt}=0$$

$$\frac{Q}{C}+L\frac{d^2Q}{dt^2}=0$$

El Circuito LC

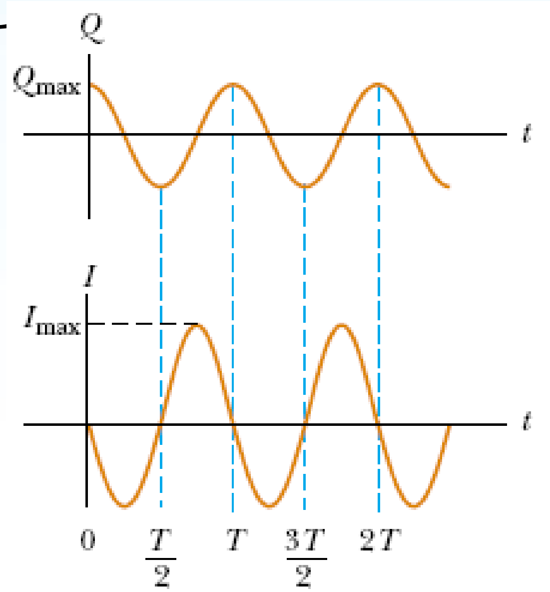


- Circuito determinado por una ecuación diferencial de orden 2:

$$\frac{Q}{C} + L\frac{d^2Q}{dt^2} = 0$$

- La solución es clásica

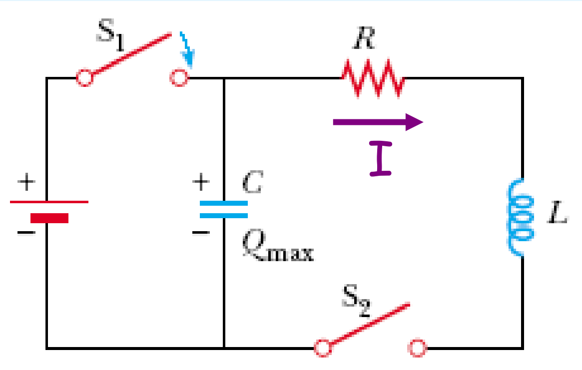
$$Q = Q_{max}\cos(\omega t + \varphi) \qquad \omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$



- Desfase entre
  - Corriente
  - Carga del condensador

El Circuito RLC

- Más realista: el circuito también tiene resistencia
  - "Pierde" energía en la R (calor)
  - No sigue oscilando indefinidamente
- Aún así, la solución es parecida:



$$U = U_C + U_L = \frac{Q_{max}^2}{2C} + \frac{1}{2}LI^2$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d}{dt}\left(\frac{Q^2}{2C} + \frac{1}{2}LI^2\right) = \frac{Q}{C}\cancel{\frac{dQ}{dt}} + L\cancel{I}\frac{dI}{dt} = -\cancel{I}^2 R$$

$$\frac{Q}{C} + IR + L\frac{d^2Q}{dt^2} = 0$$

$$\frac{Q}{C} + R\frac{dQ}{dt} + L\frac{d^2Q}{dt^2} = 0$$

El Circuito RLC

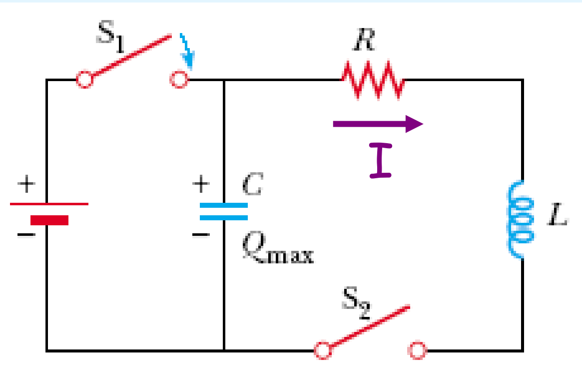
$$\frac{Q}{C}+R\frac{dQ}{dt}+L\frac{d^2Q}{dt^2}=0$$

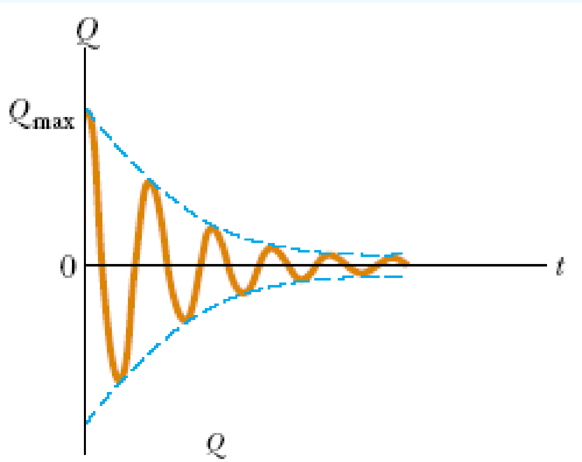
- Otra solución clásica:

$$Q=Q_{max}e^{-\frac{Rt}{2L}}\cos\omega_d t$$

$$\omega_d=\left[\frac{1}{LC}-\left(\frac{R}{2L}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}$$

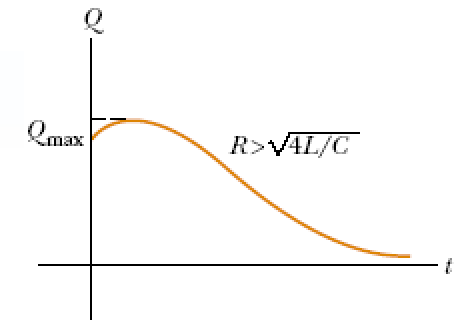
damped=amortiguada





Críticamente amortiguada (Lección 5):

$$R_c=\sqrt{\frac{4L}{C}}$$



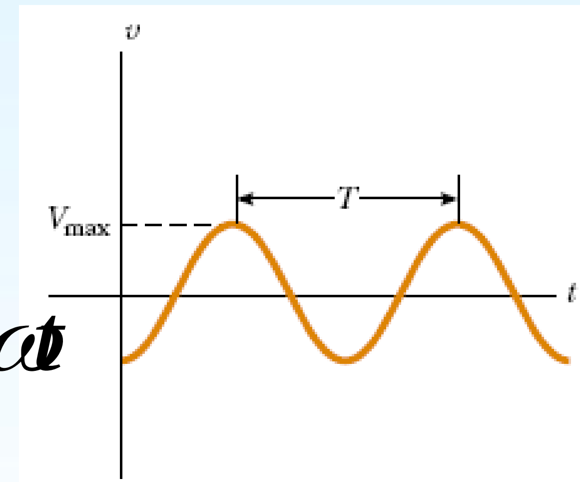
Programa

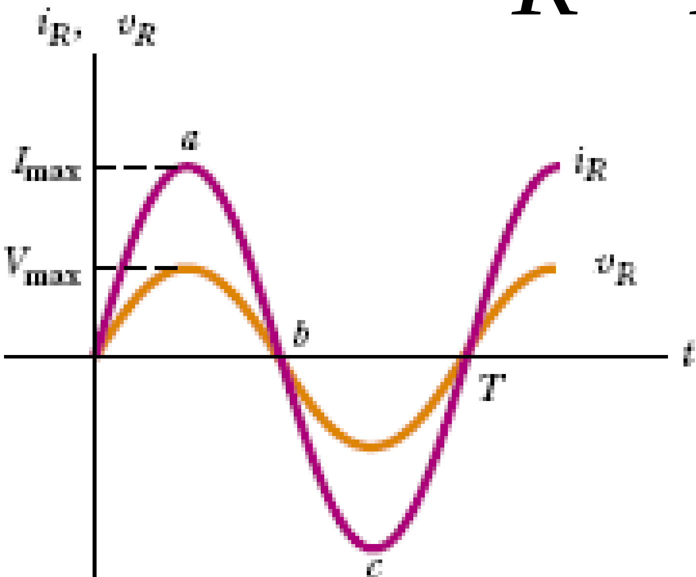
- **XIV. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA Y CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA (2h)**
- Ley de inducción de Faraday. Ley de Lenz. Aplicaciones de la ley de Faraday. Corrientes de Foucault. Inducción mutua. Autoinducción. Circuito LR. Energía magnética. Circuitos LC y LRC: oscilaciones eléctricas. Generadores de corriente alterna. Corriente alterna en una resistencia. Corriente alterna en un condensador. Corriente alterna en una bobina. Circuito LRC en serie con un generador. Potencia. Resonancia.

Generadores de Corriente Alterna
Corriente alterna en una resistencia

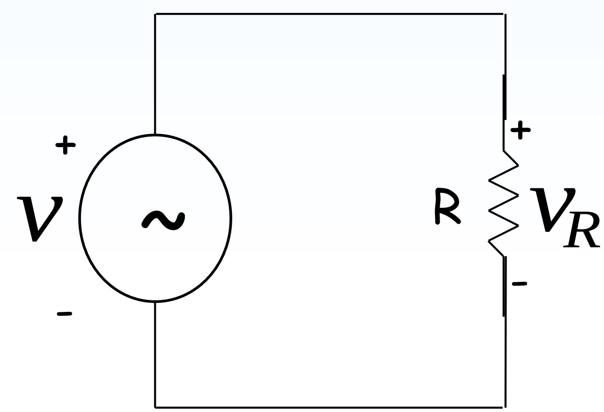
- Fuente de alimentación que suministra un voltaje alterna $v = V_{max} \sin \omega t$
- Leyes se aplican igualmente
  - Kirchhoff: $v - v_R = 0$
  - Ohm: $i = \dfrac{v_R}{R} = \dfrac{V_{max}}{R} \sin \omega t = I_{max} \sin \omega t$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{R}$$





La corriente y el voltaje están en fase



Potencia de Corriente Alterna

- A largo plazo, $\langle i_R \rangle = 0$, (cambios de sentido)
- Papel energético de R
  - Conversión de energía : eléctrica a interna
  - No depende del sentido de la corriente
- A largo plazo, para la potencia promedia de R

$$P = IV$$

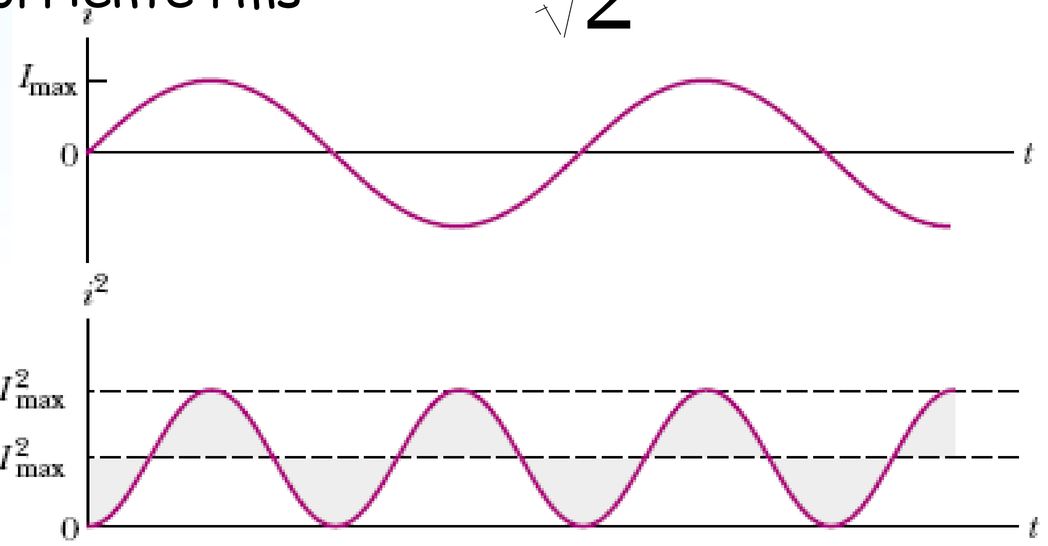
$$P = I^2 R$$

$$P_{med} = I_{rms}^2 R$$

$$I_{rms} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 I_{max}$$

  - La corriente efectiva; corriente rms
  - Analógicamente

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = 0.707 V_{max}$$



Corriente Alterna en un Condensador

$$v_C = v = V_{max} \sin \omega t$$

- Leyes se aplican igualmente
  - Kirchhoff: $v - v_C = 0$
  - Def. de Capacidad: $q = C v_C$

$$\frac{d}{dt}\left(q = C V_{max} \sin \omega t \right)$$

$$i_C = \omega C V_{max} \cos \omega t$$

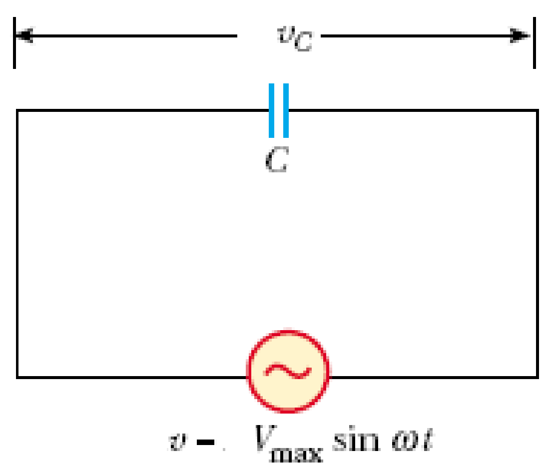
Identidad trigonométrica

$$i_C = \omega C V_{max} \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2} \right)$$

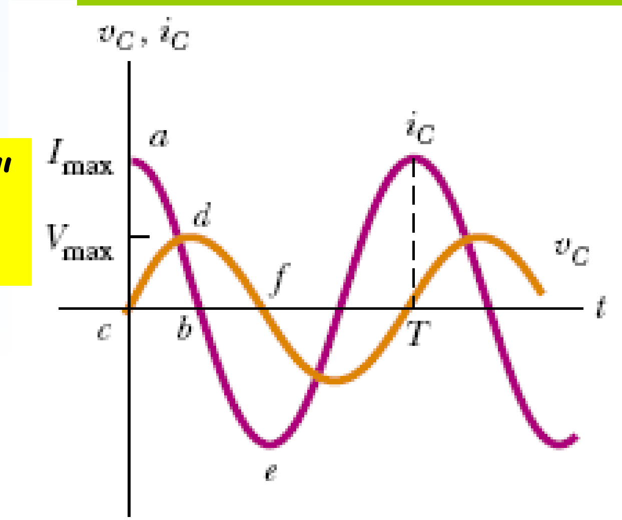
$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_C}$$

"Reactancia capacitativa"
Unidades = ¡ ohmios !

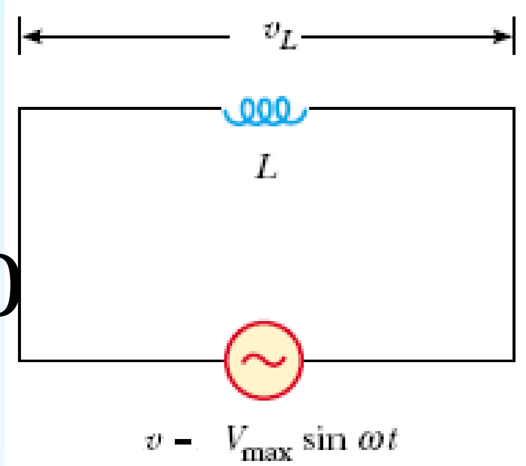
$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$



La corriente adelanta al voltaje en 90° en un condensador



Corriente Alterna en un Inductor



$$v_L = v = V_{max} \sin \omega t$$

- Leyes se aplican igualmente
  - Kirchhoff: $v - v_L = 0 \qquad v - L\dfrac{di}{dt} = 0$

$$L\frac{di}{dt} = V_{max} \sin \omega t \qquad \int di = \frac{V_{max}}{L}\int \sin \omega t$$

$$i_L = \frac{V_{max}}{L}\int \sin(\omega t)\,dt = -\frac{V_{max}}{\omega L}\cos \omega t$$

La corriente en un inductor está siempre retrasada 90° del voltaje

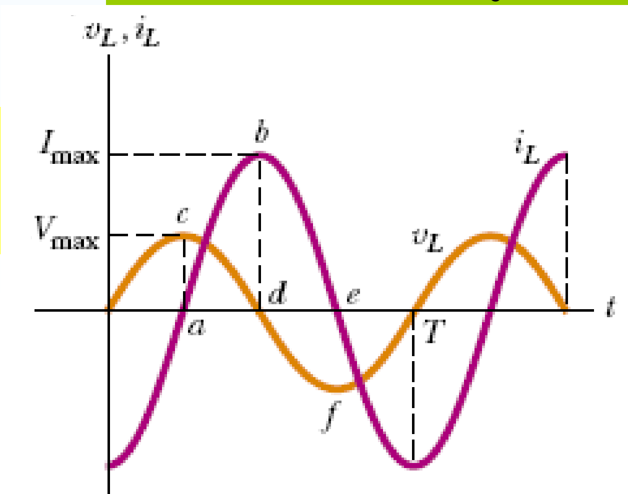
ID Trig.

$$i_L = \frac{V_{max}}{\omega L}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{X_L}$$

Reactancia inductiva
Unidades = ¡ ohmios!

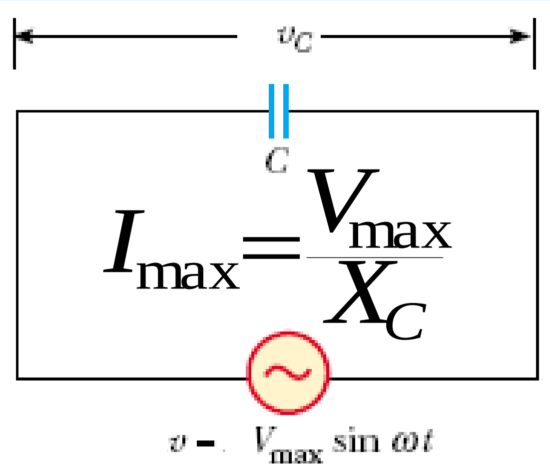
$$X_L = \omega L$$



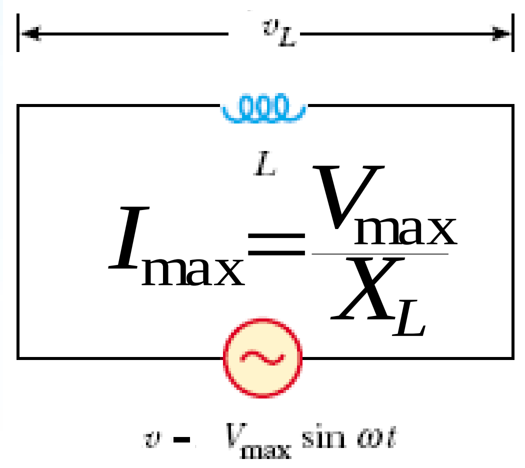
Corriente Alterna en Condensadores e Inductores

REACTANCIAS

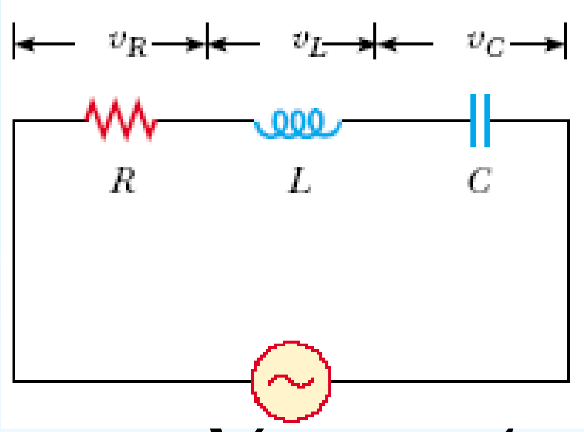
- Para un condensador $X_C = \dfrac{1}{\omega C}$
  - Muy alta frec. wC → ∞, $X_C \rightarrow 0$
    - Actúa como un corto circuito
  - Muy baja frec. (corriente directa)
    - wC → 0, $X_C \rightarrow \infty$ (un circuito abierto)



- Para un inductor $X_L = \omega L$
  - Muy alta frec. wL → ∞, $X_L \rightarrow \infty$
  - Muy baja frec. wL → 0, $X_L \rightarrow 0$



El Circuito RLC



- Se aplica un voltaje CA
- Corre ***una sola*** corriente
  - Por R, i estaría en fase con v (ϕ = 0°)
  - Por C, i estaría adelantada (ϕ = 90°)
  - Por L, i estaría retrasada (ϕ = -90°)
- ¿Qué efecto domina? Método:

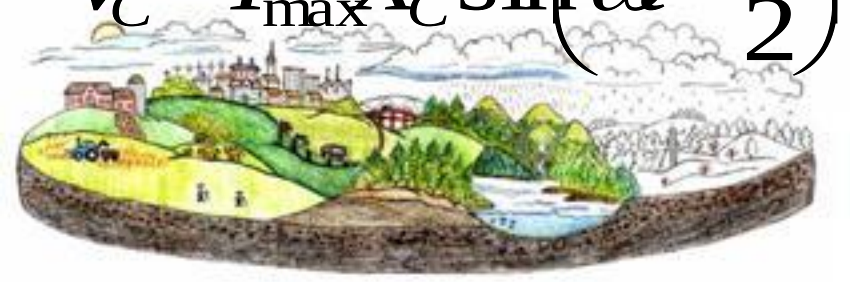
$$v = V_{max} \sin \omega t$$

- Suponer $i = I_{max} \sin(\omega t + \varphi)$ y examinar los v:

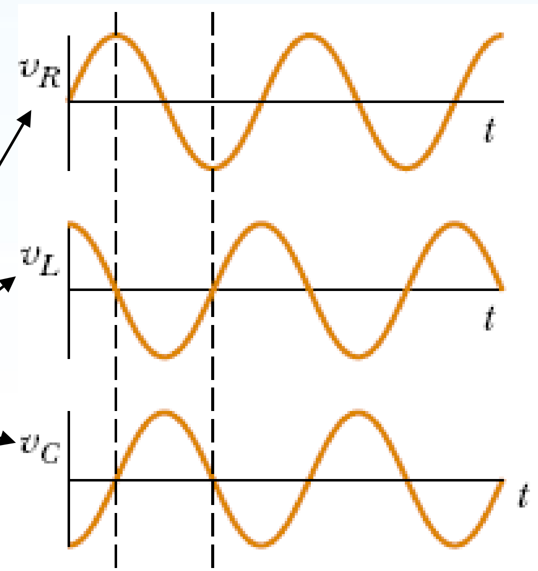
$$v_R = I_{max} R \sin \omega t \qquad = V_R \sin \omega t$$

$$v_L = I_{max} X_L \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = V_L \cos \omega t$$

$$v_C = I_{max} X_C \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -V_C \cos \omega t$$



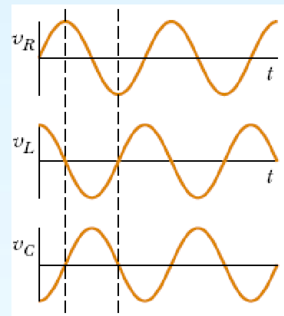
Magnitudes relativos

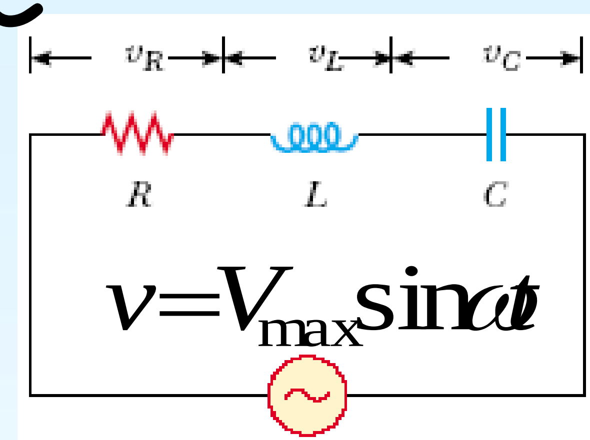


El Circuito RLC

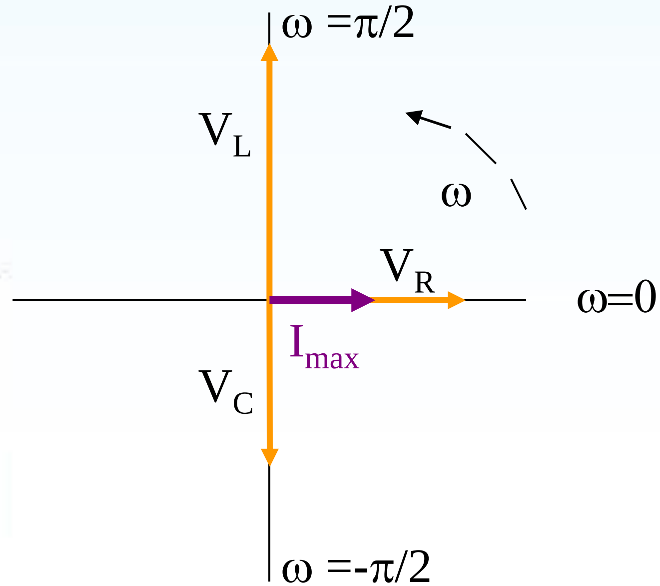
- Tenemos tres tensiones

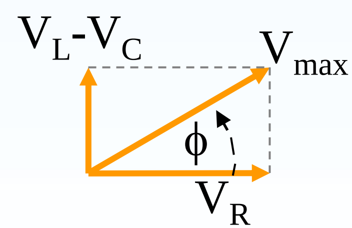
$$v_R = V_R \sin\omega t$$
$$v_L = V_L \cos\omega t$$
$$v_C = -V_C \cos\omega t$$





- Tensiones en dos componentes independientes:
  - En fase con la fuente (v): efecto de R
  - 90° de desfase: combinación de efectos de L y C
  - Tratamiento vectorial





El Circuito RLC

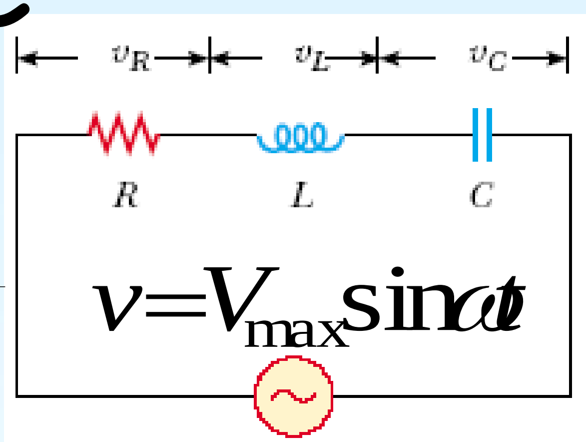
- Suma vectorial:

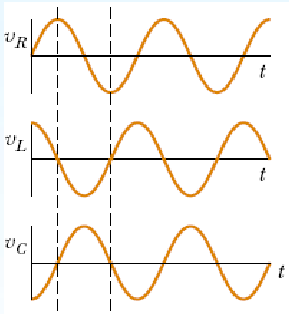
$$V_{max} = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

$$V_{max} = \sqrt{(I_{max} R)^2 + (I_{max} X_L - I_{max} X_C)^2}$$

$$V_{max} = I_{max} \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$I_{max} = \frac{V_{max}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

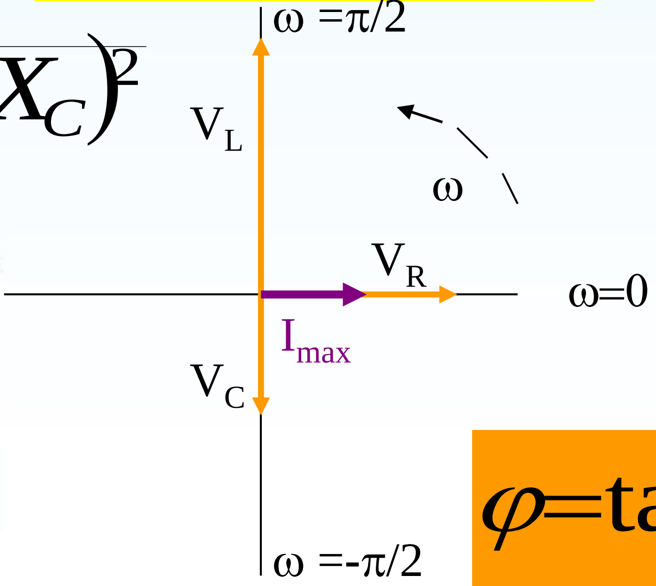


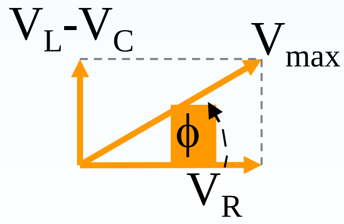


- Impedancia:

$$Z \equiv \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

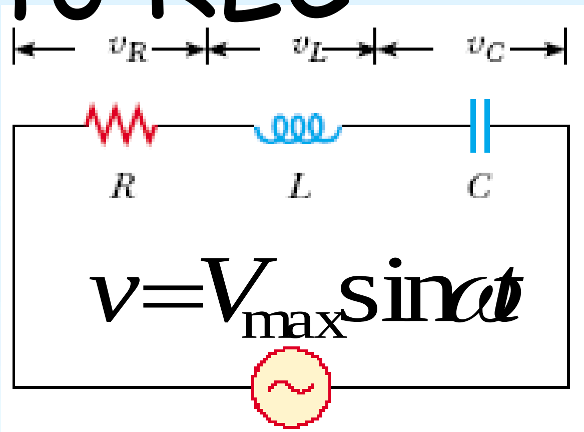
Unidades = ¡ ohmios !





$$\varphi = \tan^{-1} \frac{X_L - X_C}{R}$$

Potencia en el Circuito RLC



- Potencia eléctrica *instantánea*:

$$P = iv = I_{max} \sin(\omega t - \varphi) V_{max} \sin \omega t$$

  - Una función complicada del tiempo
  - No es muy interesante resolver
- Su promedio sí

ID Trig.

$$\sin(\omega t - \varphi) = \sin \omega t \cos \phi - \cos \omega t \sin \phi$$

más Trig. Promedio (integrar)

$$P = \frac{1}{2} I_{max} V_{max} \cos \phi$$

$$P = \frac{1}{2}\left(\sqrt{2} I_{rms}\right)\left(\sqrt{2} V_{rms}\right) \cos \phi$$

$$P = I_{rms} V_{rms} \cos \phi$$

"factor de potencia"

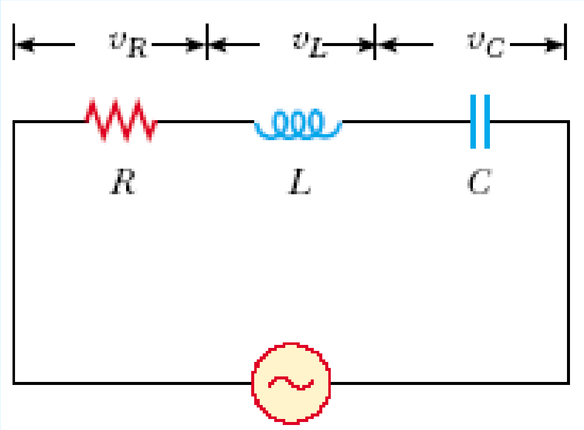
Para la resistencia (en fase):

$$V_R = V_{max} \cos \varphi = I_{max} R$$

$$P = I_{rms} V_{rms}$$

La "perdida" de potencia en un circuito LRC se debe puramente a la(s) resistencia(s) en el circuito

Resonancia en el Circuito RLC



- Un circuito RLC está *en resonancia* cuando tenga una frecuencia que maximiza la corriente I_{rms}
- En general tenemos

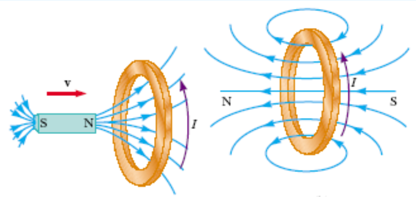
$$I_{rms} = \frac{V_{rms}}{Z} = \frac{V_{rms}}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

  - Tanto X_L como X_C dependen de la frecuencia ω
  - Resonancia cuando X_L iguale X_C (y así $\phi=0$)
- Frecuencia de resonancia

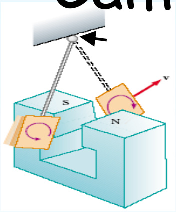
$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

La frecuencia de la fuente de alimentación iguala la frecuencia natural del circuito

Conceptos/Ecuaciones a Dominar



- Ley de inducción de Faraday $\varepsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
- Ley de Lenz: Corriente inducida en la dirección que creé un campo magnético que oponga el cambio de flujo magnético (Φ_B)
- Campos $\vec{E}$: conservativo (carga estática) y no (Faraday)



Corriente de Foucault

$$L = \mu_0 n$$

- Autoinducción e inducción mutua $\varepsilon_L = -L\frac{dI}{dt}$ $\varepsilon_1 = -M\frac{dI_2}{dt}$
- Inductores $V_L = L\frac{dI}{dt}$
- Circuitos LR, LC, RLC
- Circuitos CA (I_{rms}, Potencia, resonancia)

Fin