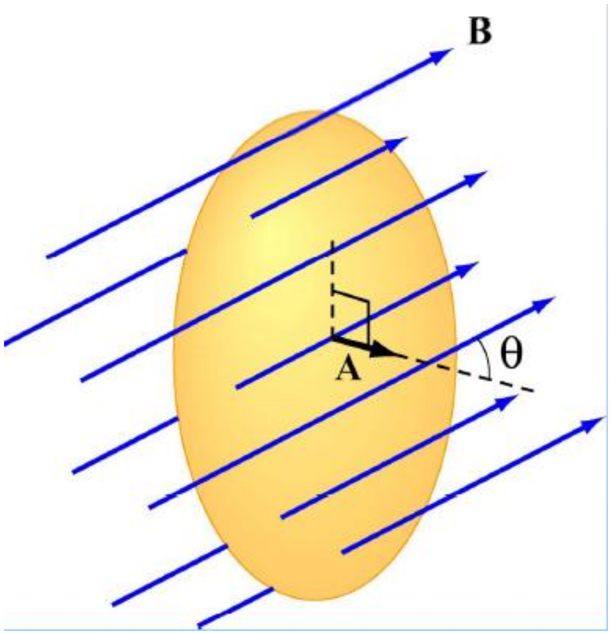
Física II- Curso de Verano 2021

Clase 5

Flujo del Campo Magnético Φ_B

Definición análoga al flujo de campo eléctrico:



$$\Phi_B = \iint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

Si **B** es uniforme en toda la superficie

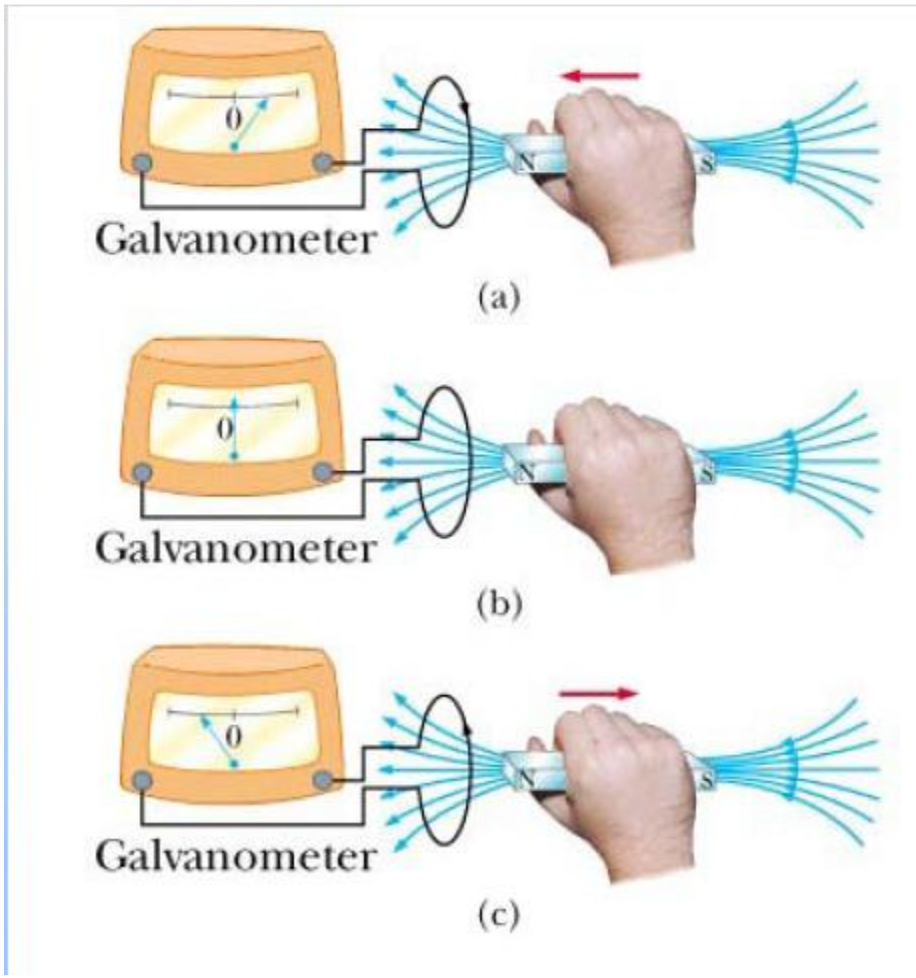
$$\Phi_B = \vec{\mathbf{B}} \cdot \vec{\mathbf{A}} = BA\cos\theta$$

Unidad Φ_B

$$1\ \mathrm{Wb} = 1\ \mathrm{T} \cdot \mathrm{m}^2$$

Weber

LEY DE FARADAY
(inducción electromagnética)



Se induce una corriente en la espira cuando el campo magnético a través de ella cambia.

Un flujo de campo magnético (Φ_B) cambiante induce una fuerza electromotriz (FEM ε).

FEM (ε)

En similar a la que se obtiene con una fuente de tensión (pila), la cual genera una corriente eléctrica

$$\mathcal{E} = \oint \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{s}} = \mathrm{iR}$$

Este campo **E** es **NO CONSERVATIVO** a diferencia del **E** elctrostótico.

Un flujo magnético variable en el tiempo induce una una fuerza electromotriz . La fem inducida es proporcional al valor negativo del cambio del flujo magnético.

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

Ley de Faraday

$$\mathcal{E} = \oint_{c} \vec{\mathbf{E}} \cdot d\vec{\mathbf{s}}$$

$$\Phi_B = \iint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

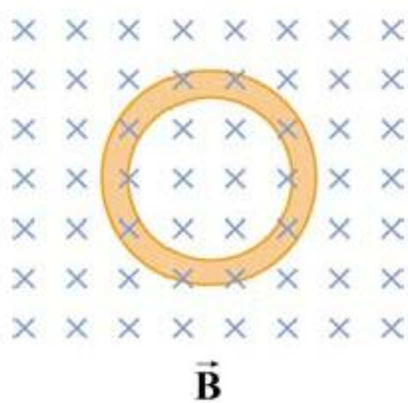
Circulación de campo eléctrico en un **camino cerrado C**

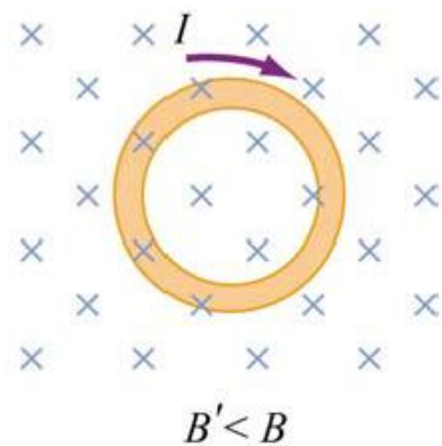
Flujo de campo eléctrico a través de la superficie abierta S delimitada por el **camino cerrado C**

El cambio en el flujo magnético, que dará origen a la FEM, puede producirse por:

$$\Phi_B = \iint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

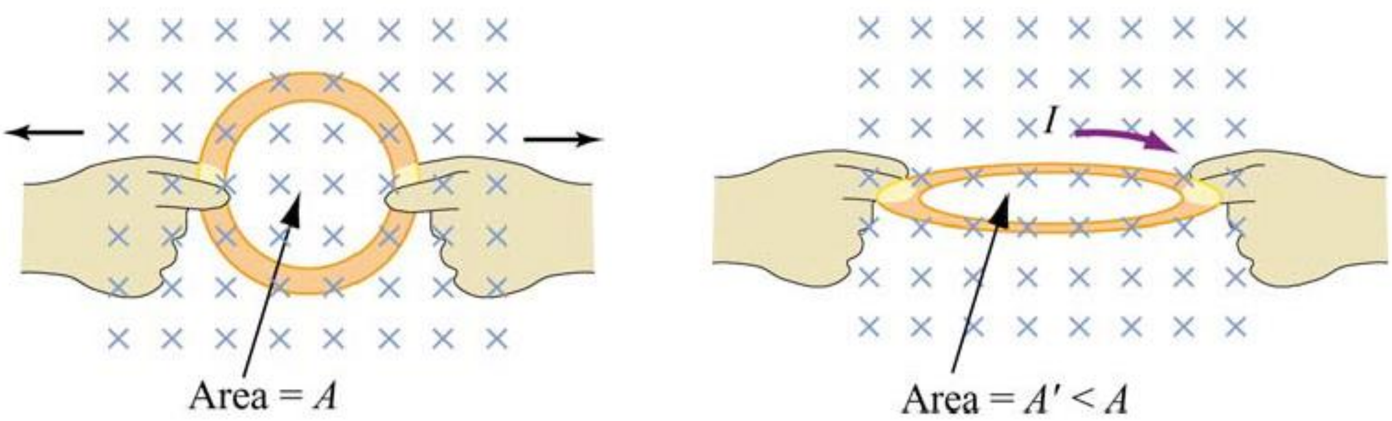
i) Cambio en la magnitud del campo magnético:





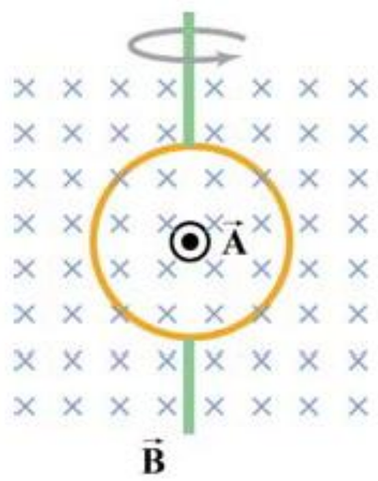
$$\Phi_B = \iint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

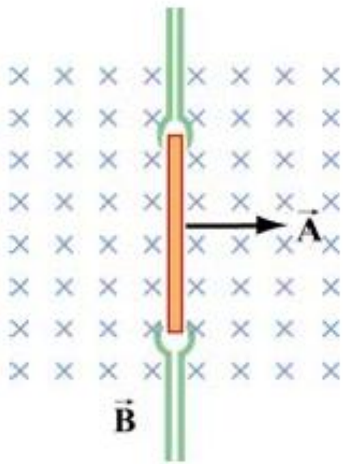
ii) Cambio en la magnitud del área:



$$\Phi_B = \iint_S \vec{\mathbf{B}} \cdot d\vec{\mathbf{A}}$$

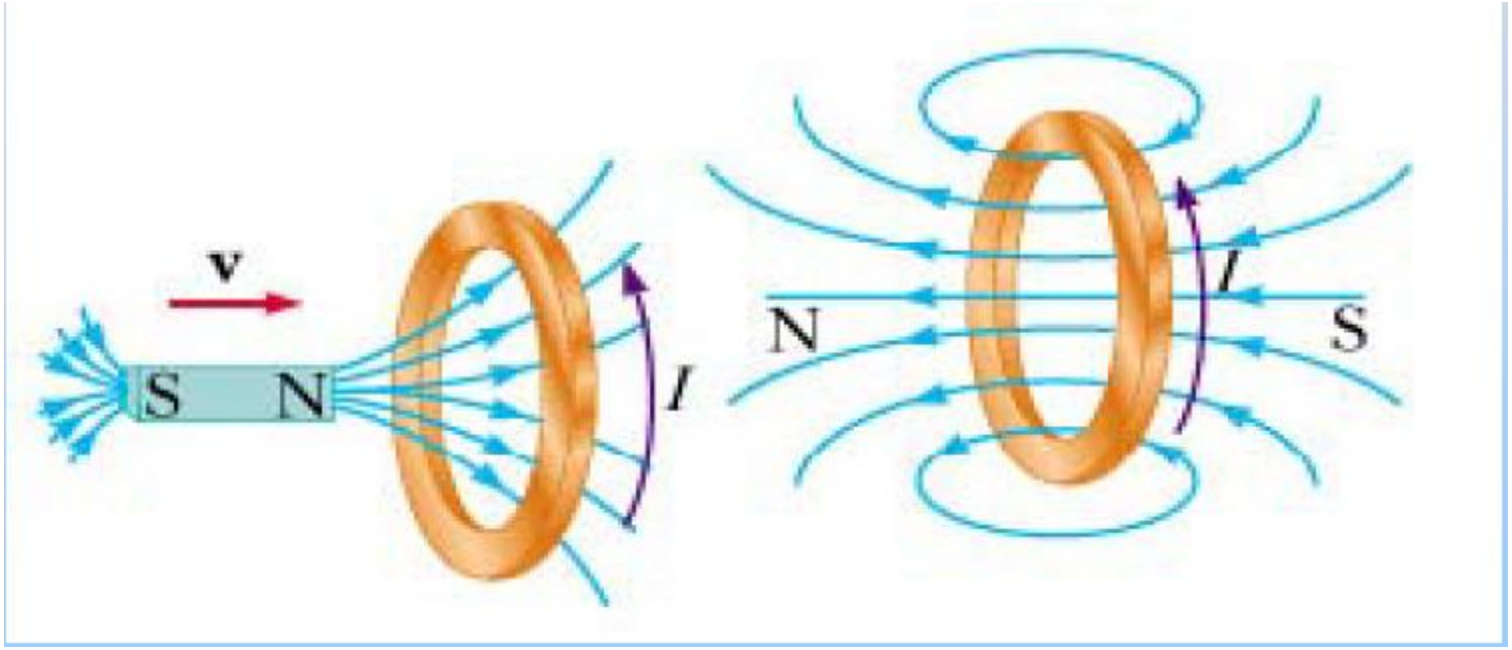
iii) Cambio en el ángulo entre el campo y el vector que representa al área:





El aporte de Lenz:

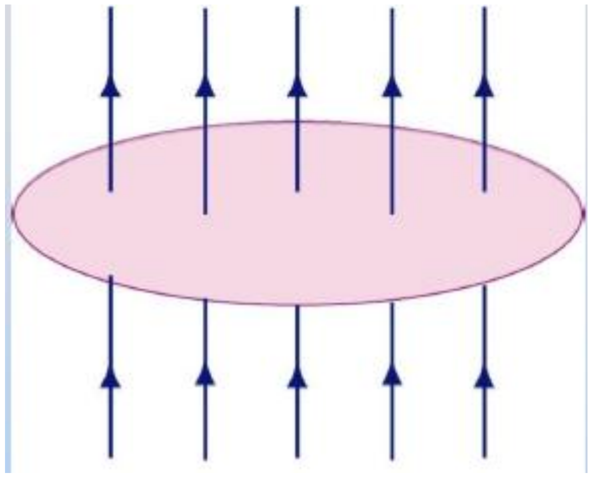
La fuerza electromotriz inducida se opone al cambio del flujo magnético.



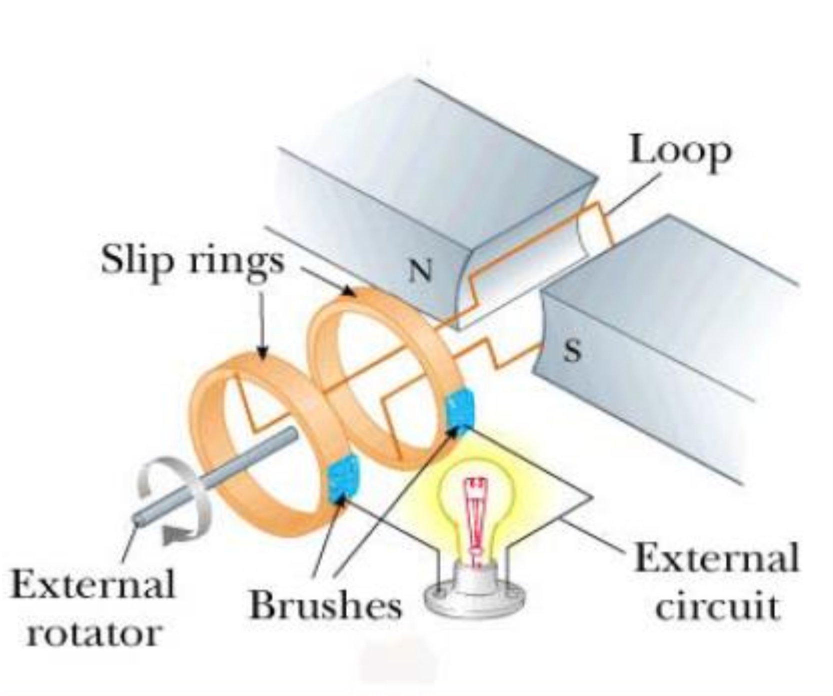
PC 1- El campo magnético que atraviesa una espira conductora apunta hacia arriba y su magnitud está aumentando con el tiempo. La corriente inducida en la espira tiene sentido:

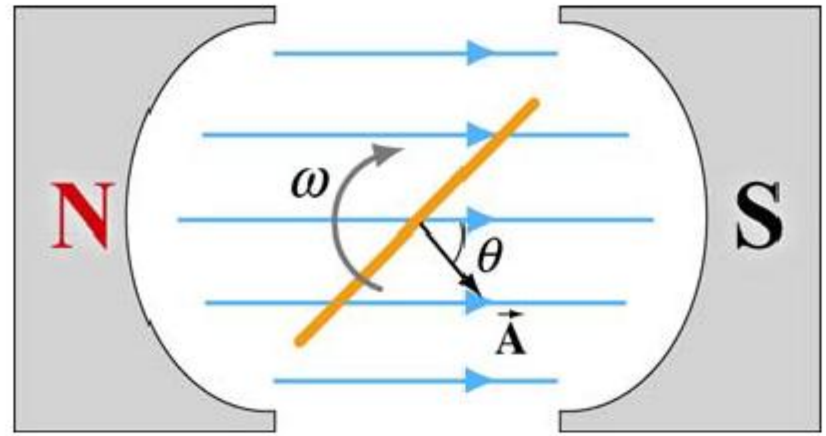
1) Horario

2) Antihorario



Aplicación: Generadores



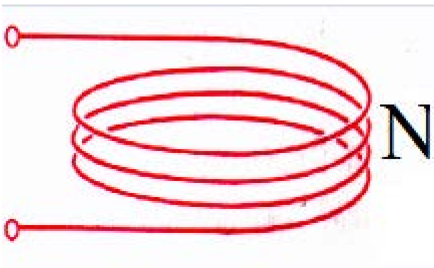


$$\Phi_B = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A} = BA\cos\theta = BA\cos\omega t$$

$$\frac{d\Phi_B}{dt} = -BA\omega \sin\omega t$$

$$I = \frac{|\varepsilon|}{R} = \frac{NBA\omega}{R}\sin\omega t$$

INDUCTANCIA (L)



Si por un arrollamiento (bobina) circula una corriente I, se genera un campo magnético proporcional a I, por lo tanto el flujo de campo magnético será proporcional a I.

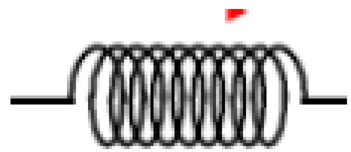
$$\Phi_B \equiv LI$$

Si la corriente varía con el tiempo, Φ_B varía en el tiempo y se generará una fem que se opone a ese cambio:

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

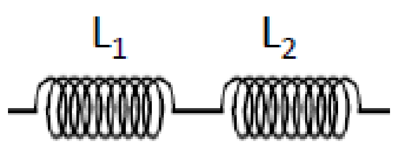
$$\boxed{\mathcal{E} = -L\frac{dI}{dt}}$$

L: inductancia



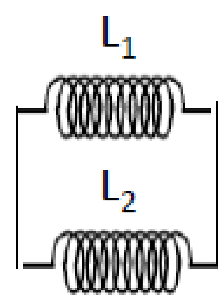
Símbolo que representa un inductor

<u>Inductores conectados en serie</u>



$$Leq = L_1 + L_2$$

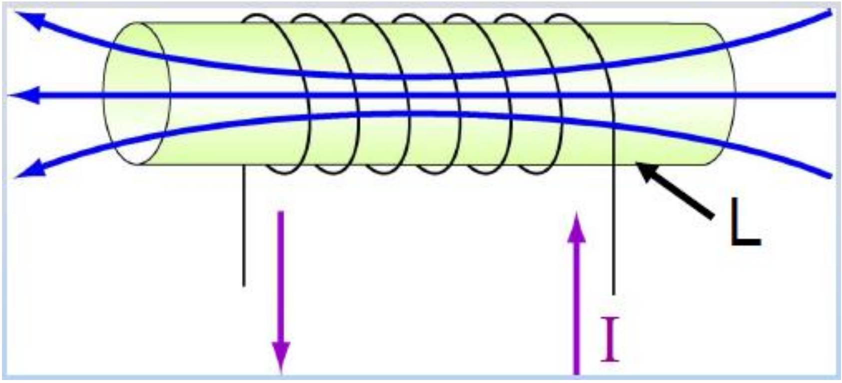
<u>Inductores conectados en paralelo</u>



$$\frac{1}{Leq} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2}$$

Similar a lo que ocurre con las resistencias

Energía acumulada en un inductor



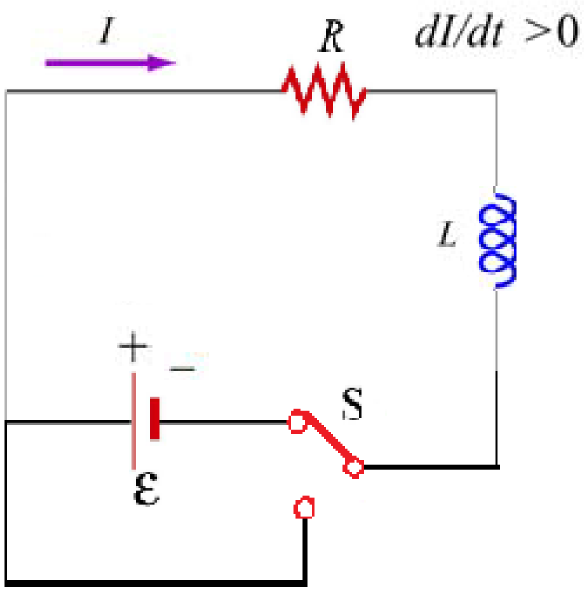
$$\mathcal{E} = -\,L\frac{dI}{dt}$$

$$dW = P\,dt = \varepsilon I\,dt = L\frac{dI}{dt}I\,dt = LI\,dI$$

$$W = \int dW = \int_{I=0}^{I} LI\,dI = \tfrac{1}{2}L\,I^2$$

$$\boxed{U_L = \tfrac{1}{2}L\,I^2}$$

CIRCUITOS RL (transitorios)



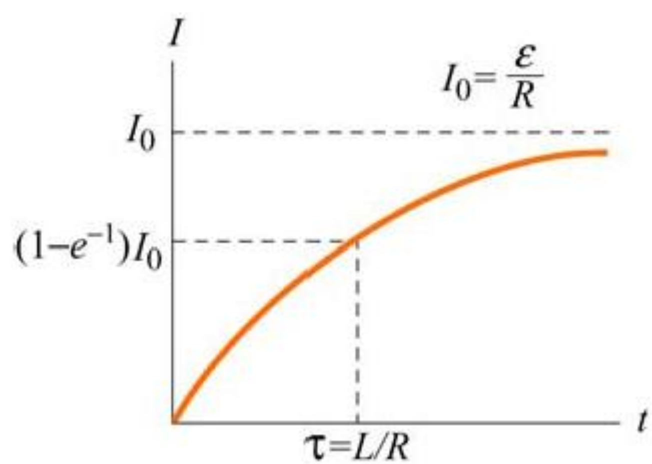
2da Ley de Kirchhoff :

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

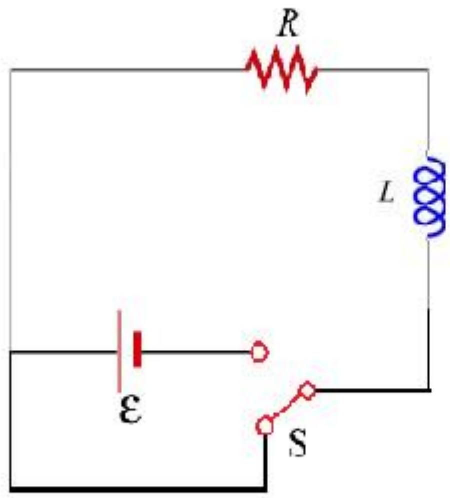
De igual forma que con los circuitos RC serie nos queda una Ec. diferencial para la corriente *I*.

$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

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

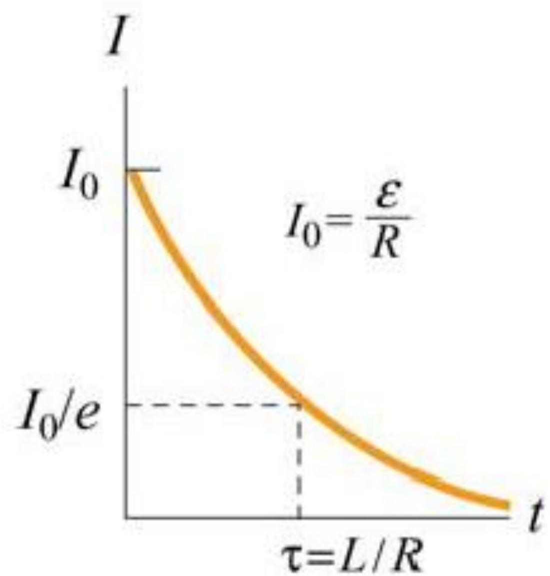


Corriente decreciente (dI/dt <0)



2da Ley de Kirchhoff :

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



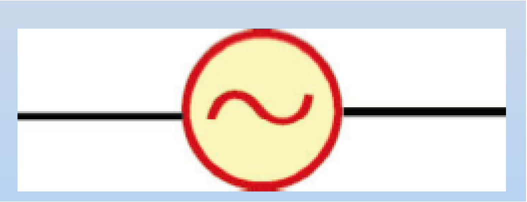
$$I(t) = \frac{\varepsilon}{R} e^{-t/\tau}$$

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

Circuitos RLC corriente alterna

DC Corriente Directa: corriente continua (pilas, baterías)
AC Corriente alterna: corriente oscilante (corriente hogareña)

Fuente de tensión sinusoidal:

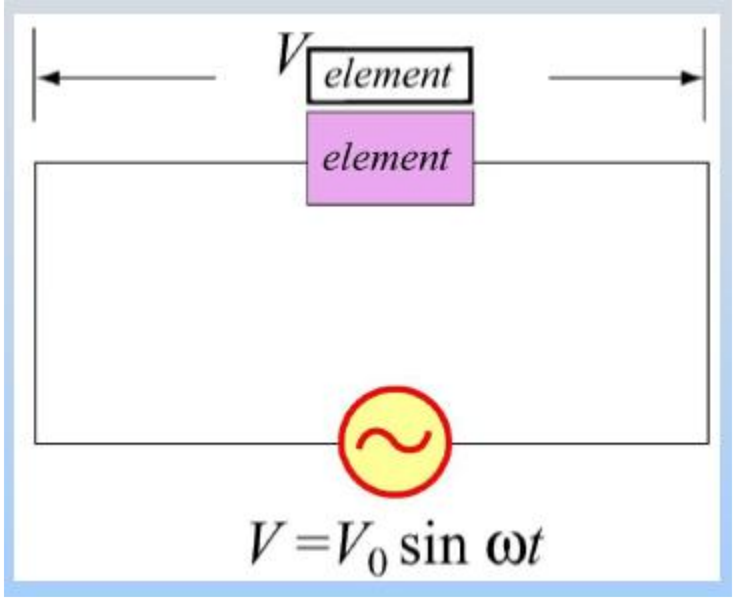


$V(t) = V0 \sin\omega t$

$\omega = 2\pi f$ frecuencia angular

V_0 = amplitud

Circuito con un solo elemento



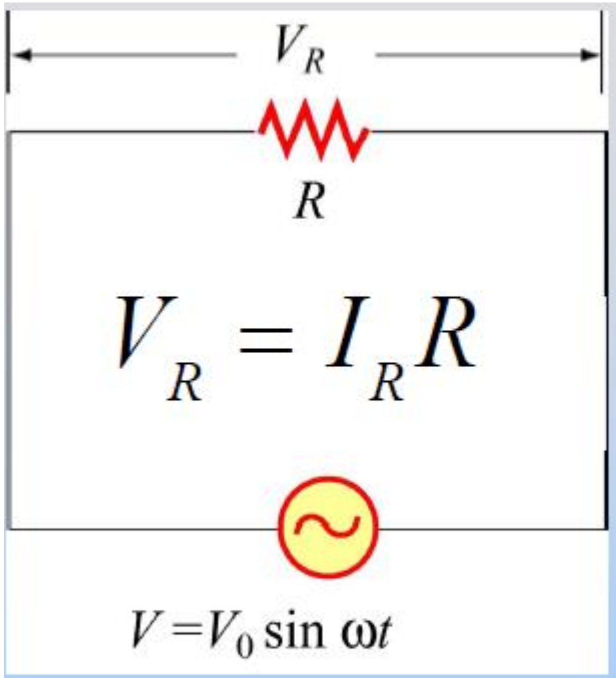
$$V_{\boxed{element}} = V$$

$$= V_0 \sin \omega t$$

$$I(t) = I_0 \sin(\omega t + \phi)$$

¿ Cuánto vale I_0 y cuánto vale ϕ ?

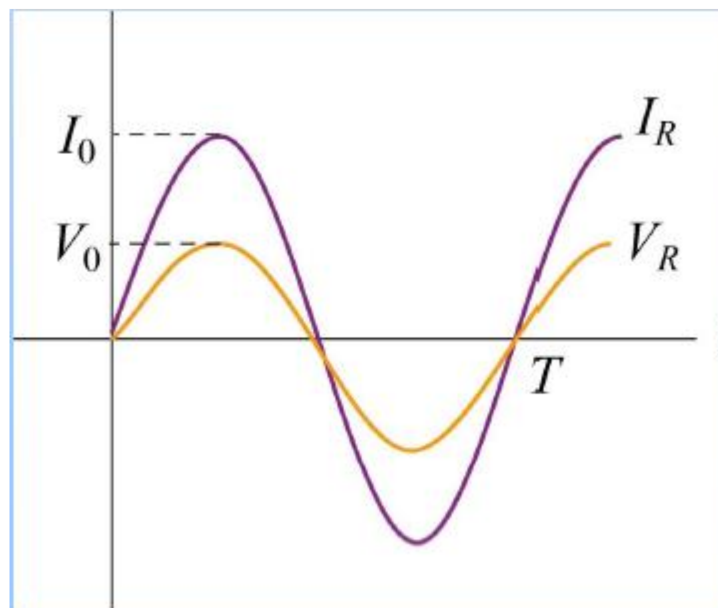
Si el elemento es **un resistor o resistencia…**



$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_0}{R} \sin \omega t$$

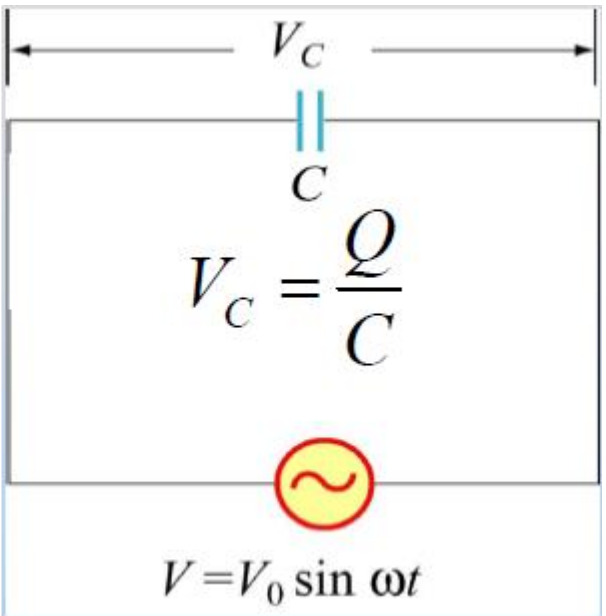
$$= I_0 \sin(\omega t + 0)$$

$$\boxed{\begin{array}{l} I_0 = \dfrac{V_0}{R} \\ \varphi = 0 \end{array}}$$



I_R y V_R están en fase

Si el elemento es **un capacitor**…



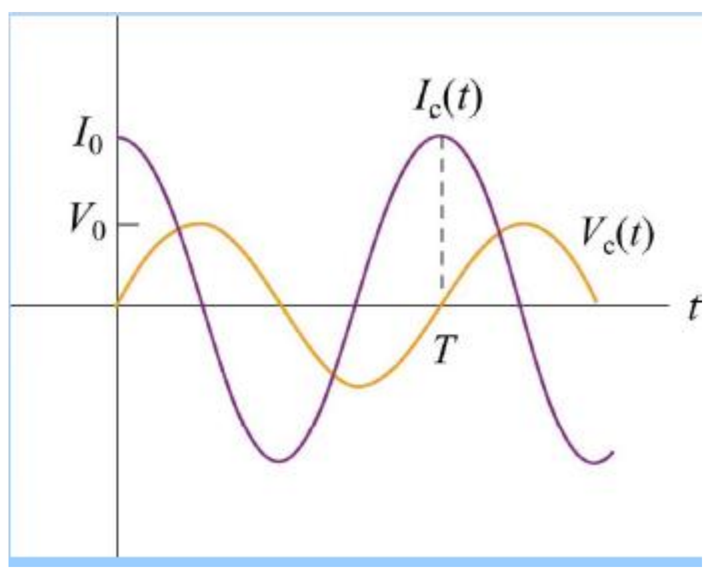
$$I_C(t) = \frac{dQ}{dt}$$

$$Q(t) = CV_C = CV_0 \sin \omega t$$

$$= \omega C V_0 \cos \omega t$$

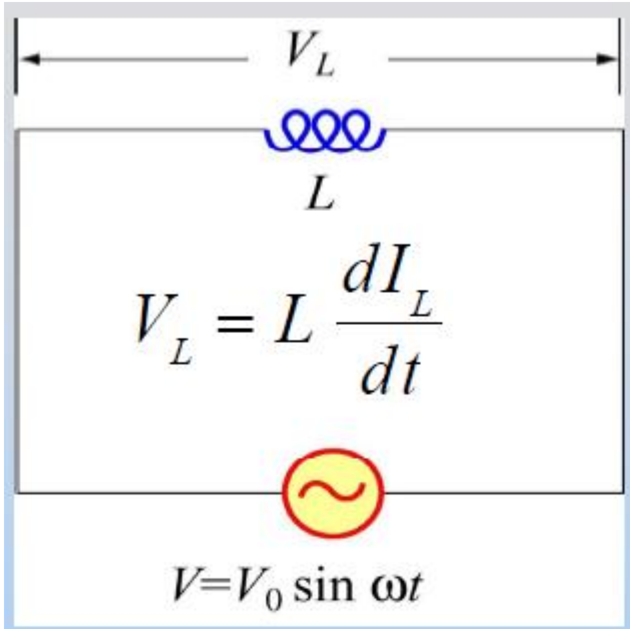
$$= I_0 \sin(\omega t + \pi / 2)$$

$$\boxed{\begin{array}{l} I_0 = \omega C V_0 \\ \phi = +\pi / 2 \end{array}}$$



I_C va adelantado con respecto a V_C en $\pi/2$

Si el elemento es **un inductor**…



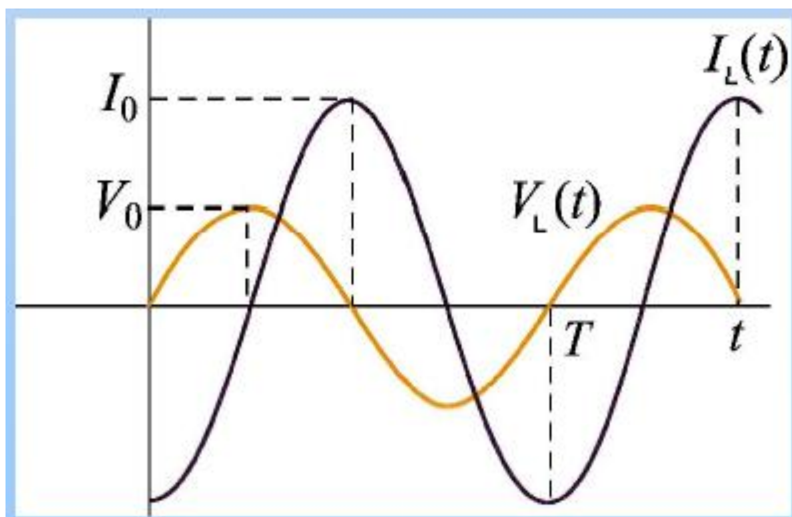
$$\frac{dI_L}{dt} = \frac{V_L}{L} = \frac{V_0}{L} \sin \omega t$$

$$I_L(t) = \frac{V_0}{L} \int \sin \omega t \; dt$$

$$= -\frac{V_0}{\omega L} \cos \omega t$$

$$\boxed{\begin{array}{l} I_0 = \dfrac{V_0}{\omega L} \\ \phi = -\pi / 2 \end{array}}$$

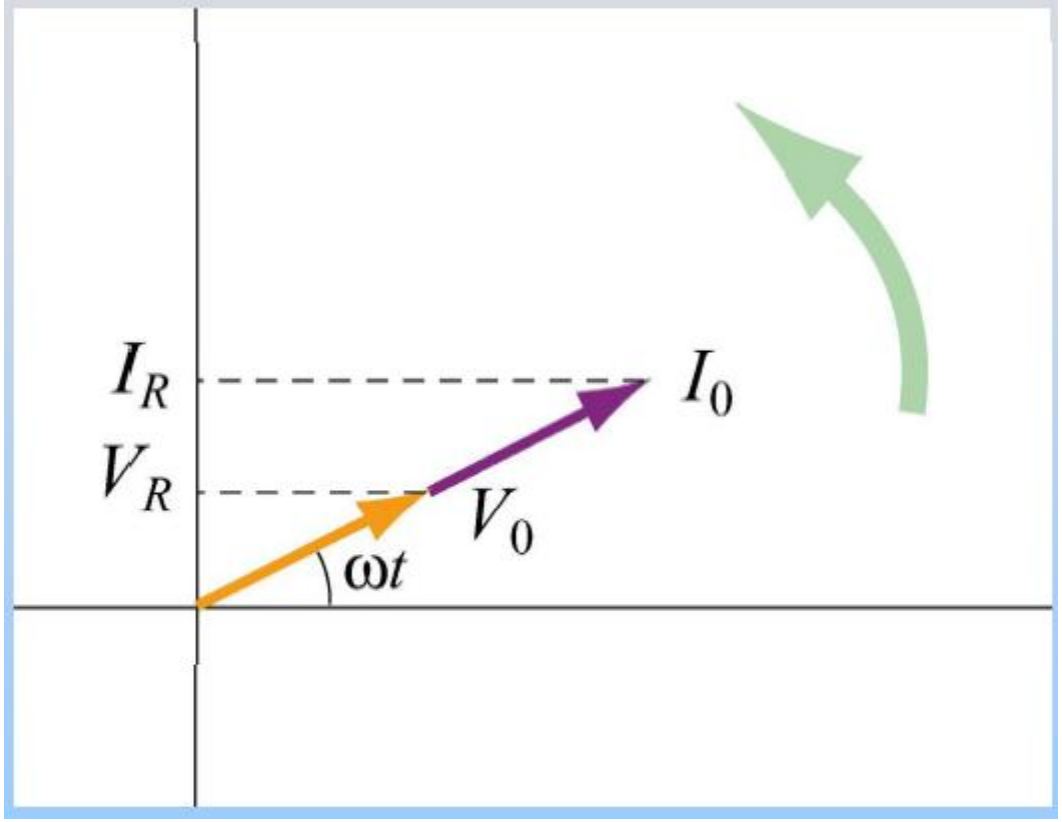
I_L va atrasado con respecto a V_L en $\pi/2$



Element	I_0	Current vs. Voltage	Resistance Reactance
Resistor	$\frac{V_{0R}}{R}$	En fase	$R = R$
Capacitor	$\omega C V_{0C}$	Adelanta	$X_C = \frac{1}{\omega C}$
Inductor	$\frac{V_{0L}}{\omega L}$	Atrasa	$X_L = \omega L$

Aunque las dedujimos para un solo elemento estas relaciones valen siempre

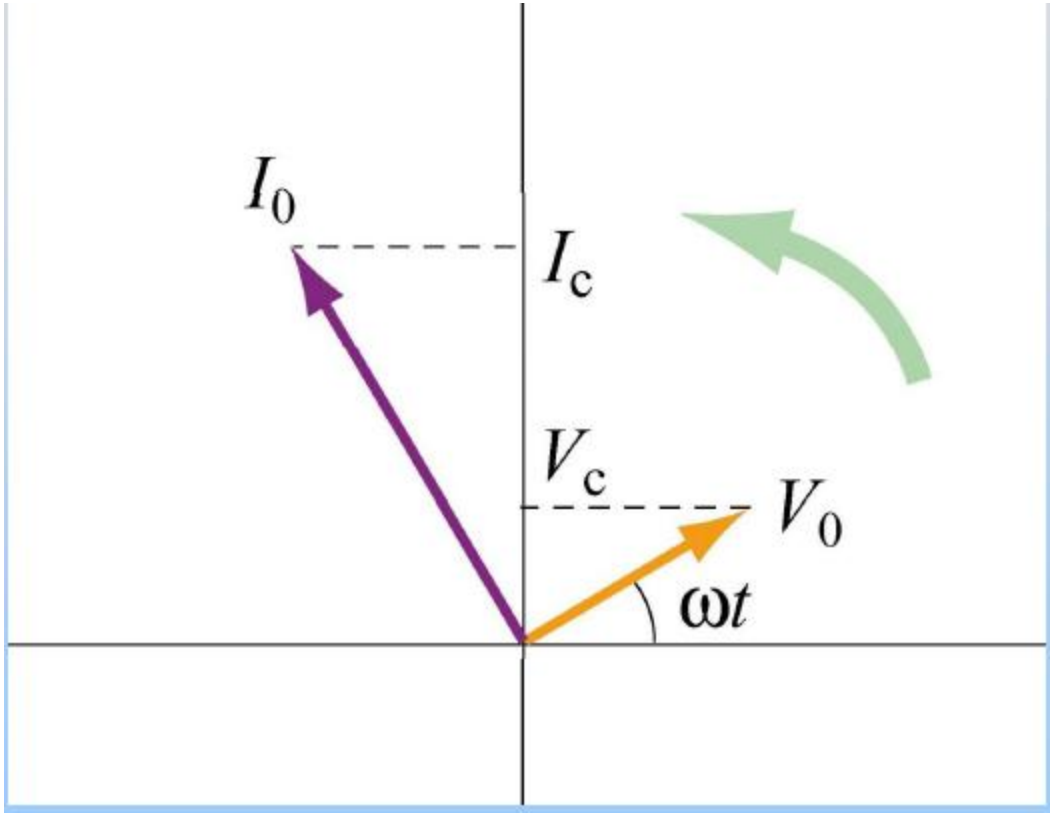
DIAGRAMAS DE FASORES: RESISTENCIA



$$\boxed{\begin{array}{l} V_0 = I_0 R \\ \phi = 0 \end{array}}$$

I_R y V_R están en fase

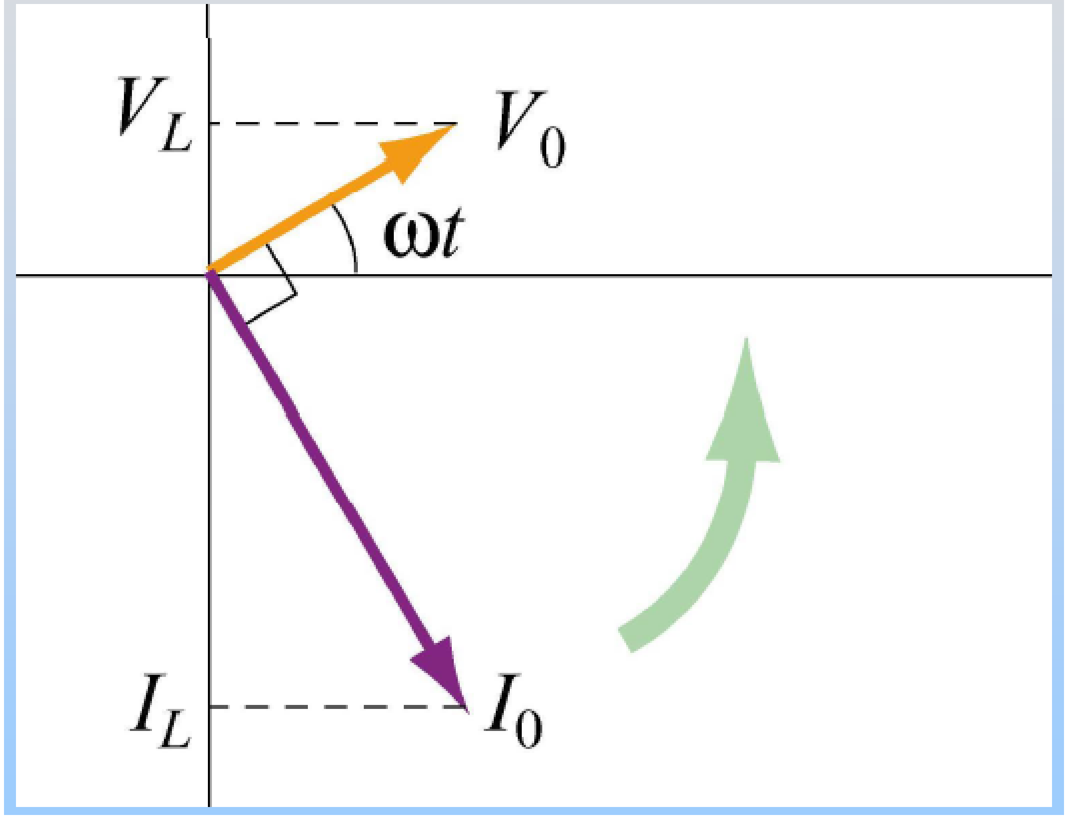
DIAGRAMAS DE FASORES: CAPACITOR



$$V_0 = I_0 X_C$$
$$= I_0 \frac{1}{\omega C}$$
$$\phi = +\pi / 2$$

I_C va adelantado con respecto a V_C en $\pi/2$

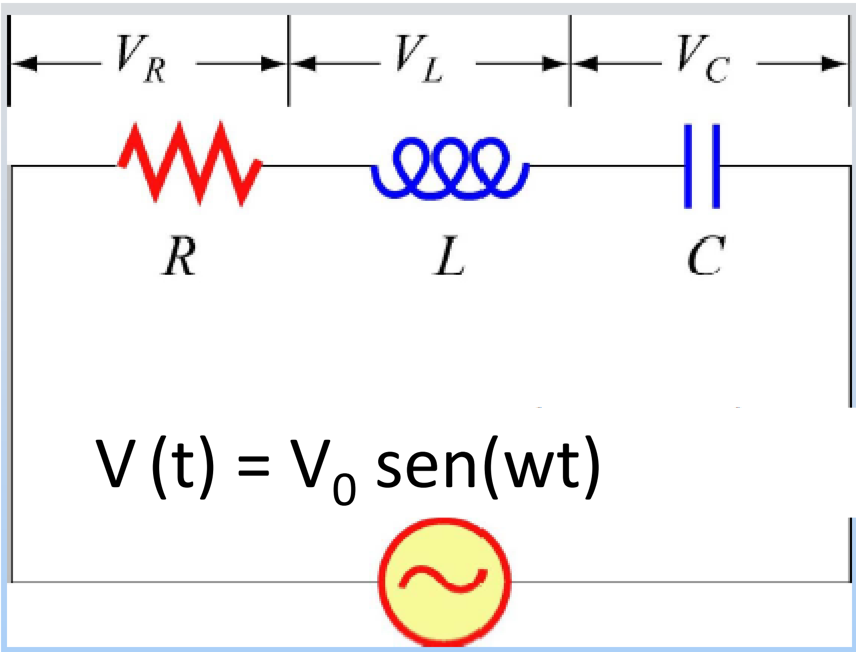
DIAGRAMAS DE FASORES: INDUCTOR



$$V_0 = I_0 X_L$$
$$= I_0 \omega L$$
$$\phi = -\pi / 2$$

I_L va atrasado con respecto a V_L en $\pi/2$

CIRCUITO RLC



$$V_R = V_{R0} sen(wt - \phi)$$

$$V_L = V_{L0} sen(wt - \phi + \frac{\pi}{2})$$

$$V_C = V_{C0} sen(wt - \phi - \frac{\pi}{2})$$

$$V(t) - V_R(t) - V_L(t) - V_C(t) = V(t) - IR - L\frac{dI}{dt} - \frac{Q}{C} = 0$$

$$L\frac{dI}{dt} + IR + \frac{Q}{C} = V_0 \sin \omega t$$

$$\boxed{L\frac{d^2Q}{dt^2} + R\frac{dQ}{dt} + \frac{Q}{C} = V_0 \sin \omega t}$$

SOLUCIÓN: $$Q(t) = Q_0 \cos(\omega t - \phi)$$

$$Q_0 = \frac{V_0 / L}{\sqrt{(R\omega / L)^2 + (\omega^2 - 1/LC)^2}} = \frac{V_0}{\omega\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$$

$$= \frac{V_0}{\omega\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}$$

$$\tan\phi = \frac{1}{R}\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = \frac{X_L - X_C}{R}$$

$$I(t) = +\frac{dQ}{dt} = I_0 \sin(\omega t - \phi)$$

$$I(t) = \frac{V_0}{Z}\sin(\omega t - \phi)$$

$$\boxed{I_0 = \frac{V_{0S}}{Z}} \qquad \boxed{Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}} \qquad \boxed{\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)}$$

Impedance

3

$$I(t) = \frac{V_0}{Z}\sin(\omega t - \phi)$$

RESONANCIA

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}\ ; \quad X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$

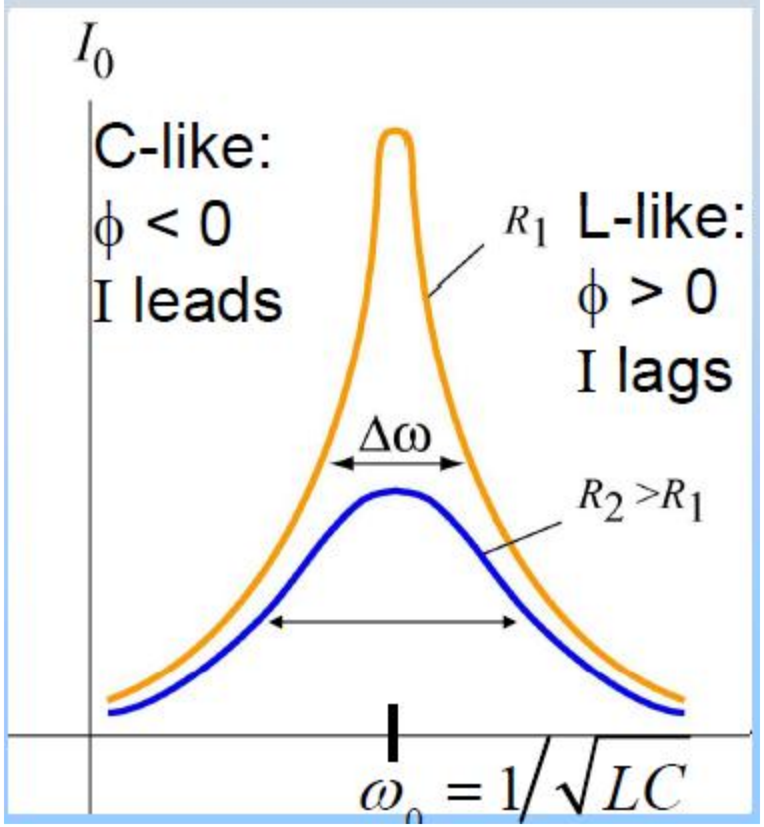
A bajas frecuencia domina C

A altas frecuencias domina L

Cuando $X_C = X_L$ se tiene resonancia e I_0 tiene su máximo valor

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

$$I_0 = \frac{V_0}{Z} = \frac{V_0}{\sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}}\ ; \quad X_L = \omega L, \quad X_C = \frac{1}{\omega C}$$



$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{X_L - X_C}{R}\right)$$

¡¡¡Fin clase 5 de 8!!!