



FICH

UNL

UNIVERSIDAD NACIONAL
DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería
y Ciencias Hídricas

FÍSICA II

Notas sobre Inductancia

FICH – UNL

Version v.2

2021

Inductancia

¿Un tramo de alambre de cobre enrollado (bobina) se comporta en forma diferente que un trozo recto de alambre?

La corriente que circula por la bobina genera un campo magnético que atraviesa la propia bobina. Si este flujo es variable en el tiempo a su vez induce una fem en la propia bobina.

Cuando hay un cambio en la corriente que circula por la bobina, esto produce una variación en el campo B que induce una fem en la propia bobina. Esta fem intenta oponerse al cambio en B.

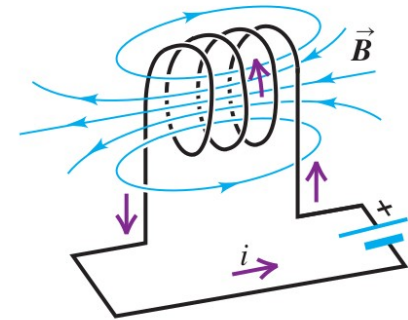
Denominamos a la autoinductancia con la letra L y la definimos como:

$$L = \frac{N \Phi_b}{i}$$

Y a la fem autoinducida como:

$$\varepsilon = -L \frac{di}{dt}$$

Autoinductancia: si la corriente i en la bobina está cambiando, el flujo cambiante a través de ésta induce una fem en la bobina.



Las inductancias funcionan como:

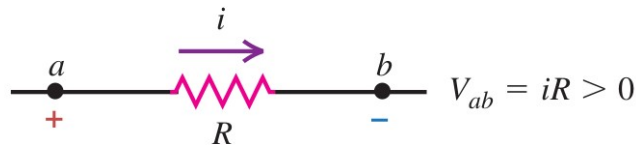
Reguladores de corriente, reduciendo las variaciones bruscas

Acumuladores de campo magnético, y por ende de energía

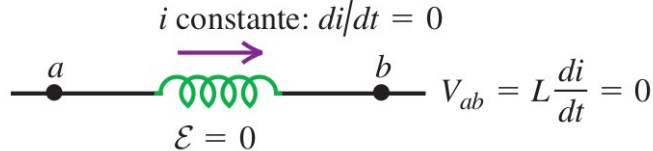
Inductancia

Las inductancias funcionan como auto reguladores de corriente

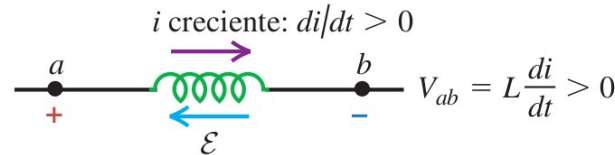
a) Resistor con corriente i que fluye de a a b : el potencial disminuye de a a b .



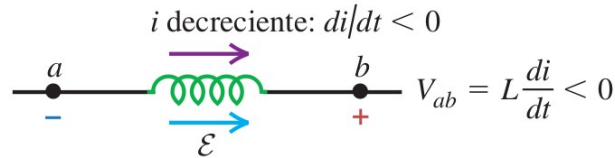
b) Inductor con corriente *constante* i que fluye de a a b : no hay diferencia de potencial.



c) Inductor con corriente i *creciente* que fluye de a a b : el potencial disminuye de a a b .



d) Inductor con corriente i *decreciente* que fluye de a a b : el potencial se incrementa de a a b .



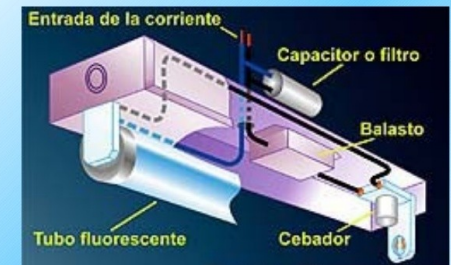
En una resistencia la corriente esta dada por la ley de Ohm y la caída de potencial es igual a iR . En una bobina, cuando la corriente cambia se establece una fem contraria a la corriente, dada por $L di/dt$. Esto hace que la corriente cambie más lentamente. No obstante, para un tiempo suficiente se establecerá la corriente nominal, y si la corriente ya no varia, entonces la inductancia no tendrá más efecto.

y también como acumuladores de energía

$$U = L \int_0^I i \, di = \frac{1}{2} L I^2$$

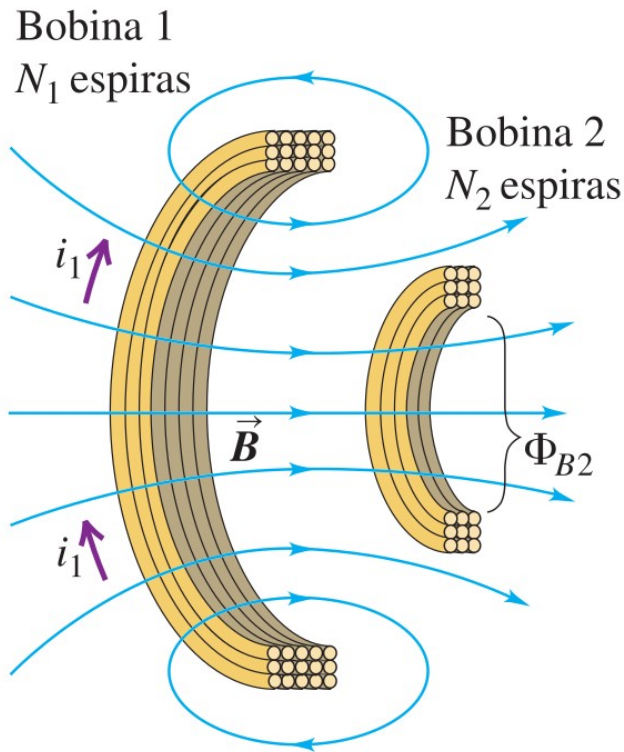
Una bobina almacena una energía igual a su autoinductancia L multiplicada por el cuadrado de la corriente que circula por ella.

Funcionamiento de un fluorescente



Inductancia mutua M

Cuando se tienen dos bobinas interactuando entre si a través de un campo magnético, se puede calcular la inductancia que tiene una bobina sobre la otra y viceversa. Esto significa que si la bobina 1 induce un campo magnético que atraviesa la bobina 2, entonces este campo induce un campo eléctrico sobre la 2 que a su vez induce un campo magnético que afecta a la 1.



$$M = \frac{N_2 \Phi_{B2}}{i_1} = \frac{N_1 \Phi_{B1}}{i_2}$$

donde N_1 y N_2 son la cantidad de espiras de cada bobina

Luego, la fem inducida en cada bobina es:

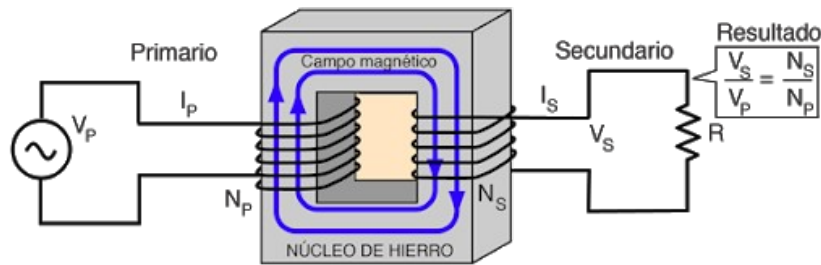
$$\varepsilon_2 = -M \frac{di_1}{dt} \quad \varepsilon_1 = -M \frac{di_2}{dt}$$

Notar que la inductancia mutua es la misma para ambas bobinas

Inductancia mutua Aplicaciones

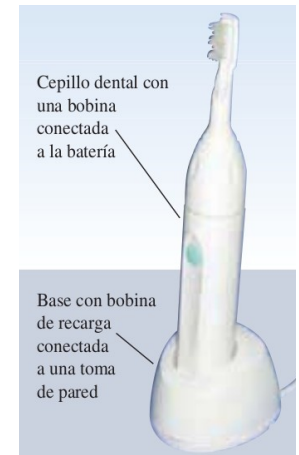
La inductancia mutua entre dos bobinas permite convertir campo eléctrico en campo magnético en la primera bobina para luego inducir campo eléctrico en la segunda bobina. De esta forma se transfiere energía sin necesidad de un contacto eléctrico

El transformador es otro caso de aplicación

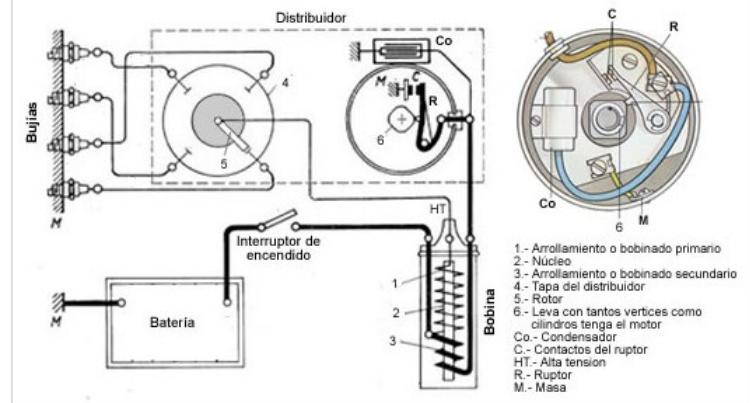


El sistema de encendido de los autos más antiguos utiliza una bobina de alta tensión. La bobina en realidad consta de dos bobinas, una de pocas vueltas que se energiza con la batería, y una de muchas vueltas. La función de la bobina es elevar la tensión para producir una chispa en las bujías. Cuando el platino abre, la bobina de pocas vueltas pierde la energía y el campo magnético tiende a desaparecer, este cambio en el campo magnético induce una fem de alta tensión en la bobina de alto número de vueltas.

El cepillo de dientes eléctrico es un caso de aplicación de inductancia mutua



Esquema eléctrico del sistema de encendido convencional



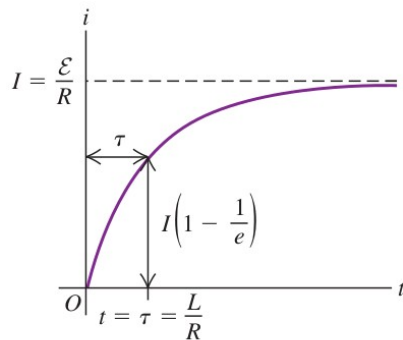
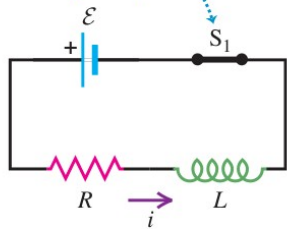
Circuitos R-L

En un circuito R-L la autoinductancia limita el incremento y el decaimiento de la corriente cuando se cierra el circuito

$$\varepsilon - ir - L \frac{di}{dt} = 0$$

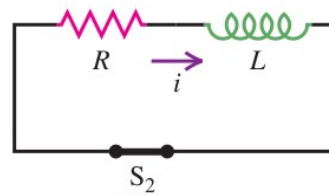
Incremento

El interruptor S_1 se cierra en $t = 0$.

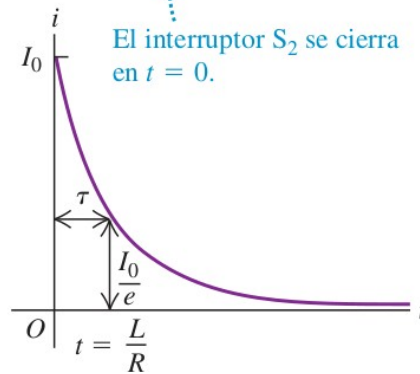


$$i = \frac{\varepsilon}{R} \left(1 - e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t} \right)$$

Decaimiento



El interruptor S_2 se cierra en $t = 0$.

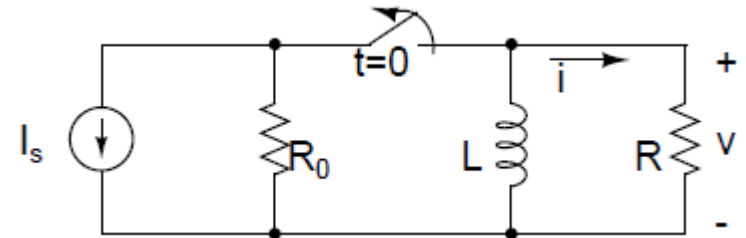


$$i = I_0 e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t}$$

A la hora de analizar el comportamiento de un circuito resulta fácil obtener la respuesta para el instante inicial y para un tiempo muy largo:

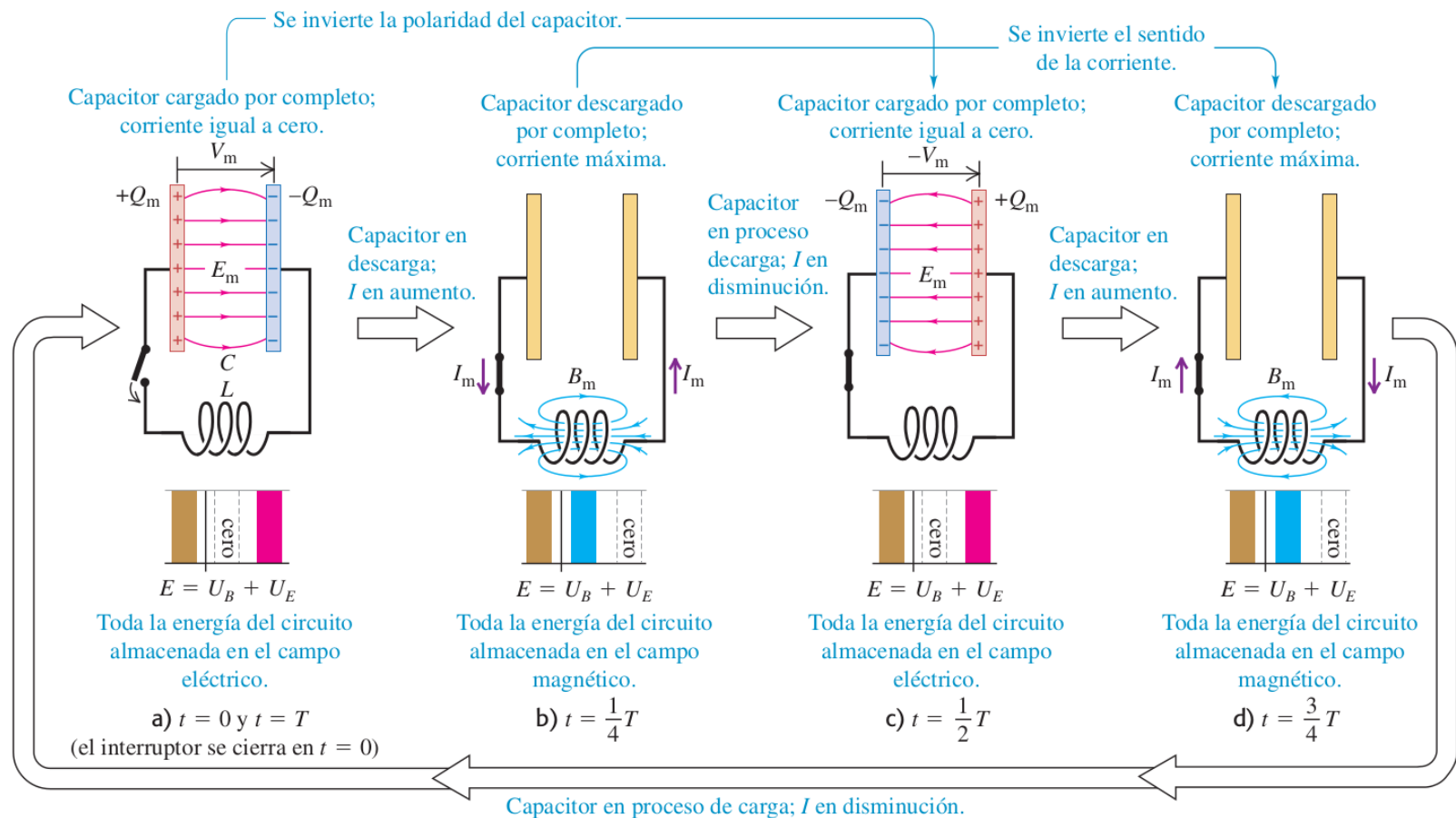
En $t \rightarrow 0$ la inductancia funciona como un freno a la corriente y se asume que por ella no hay circulación

En $t \rightarrow \infty$ la inductancia se carga completamente y la corriente ya no varía. Por lo tanto esta se comporta como un conductor perfecto



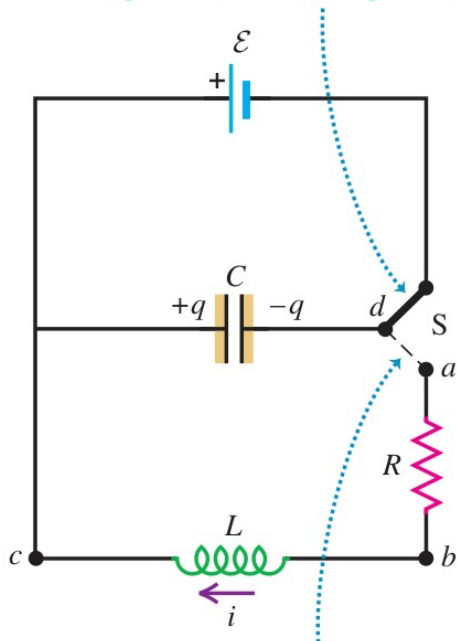
Circuitos L-C - Osciladores

En un circuito oscilante L-C, la carga en el capacitor y la corriente a través del inductor varían en forma sinusoidal con el tiempo. Se transfiere energía entre la energía magnética en el inductor (U_B) y la energía eléctrica en el capacitor (U_E). Como en el movimiento armónico simple, la energía total E permanece constante.



Circuitos R-L-C - Osciladores amortiguados

Cuando el interruptor S se encuentra en esta posición, la fem carga al capacitor.



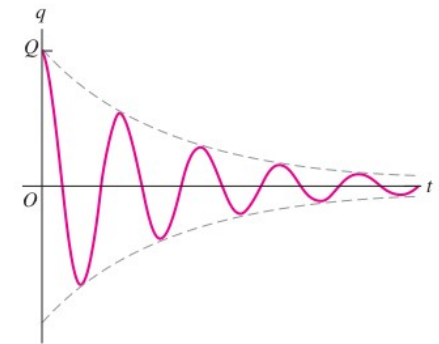
Cuando el interruptor S pasa a esta posición, el capacitor se descarga a través del resistor y el inductor.

En un circuito oscilante R-L-C se comporta como un sistema masa resorte amortiguado, donde la Resistencia R es el amortiguador viscoso empleado en mecánica, el cual es proporcional a la corriente (en mecánica es proporcional a la velocidad $C v$). En este caso, la ec. diferencial para la corriente i es:

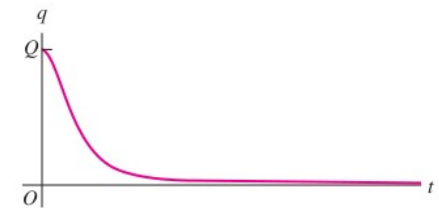
$$ir + L \frac{di}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

$$q = Ae^{-(R/2L)t} \cos\left(\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}t + \phi\right)$$

a) Circuito subamortiguado (resistencia R pequeña)



b) Circuito críticamente amortiguado (resistencia R grande)



c) Circuito sobreamortiguado (resistencia R muy grande)

