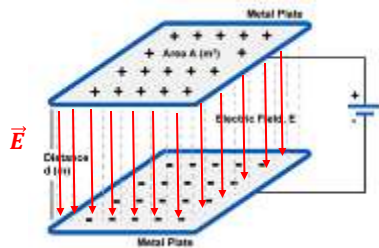
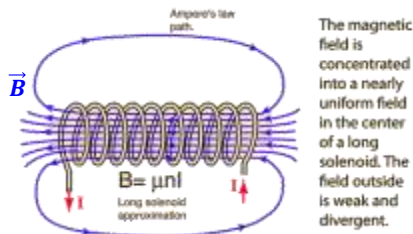


Bobinas (Inductors) e Indutância (Inductance).



Os condensadores de placas paralelas podem ser usados para gerar um campo elétrico (cap. 4).



As bobinas podem ser usados para gerar um campo magnético.

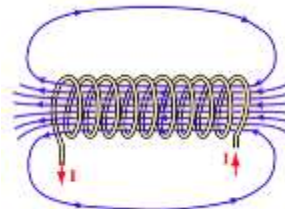


Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

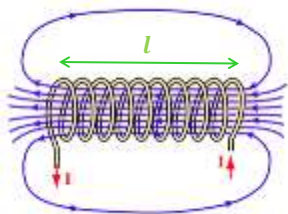
Uma bobina é um solenóide com muitas espiras...



Quando a bobina é percorrida por uma corrente elétrica I gera um campo magnético no espaço que o rodeia. Na região interior da bobina o campo magnético pode ser considerado uniforme se $L \gg d$.



Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética



Na região interior da bobina há um fluxo do campo magnético. A razão entre o fluxo magnético e a corrente elétrica que percorre bobina, com N espiras, é uma constante e define a **Indutância** (L) da bobina.

$$L = N \frac{\phi_B}{I}$$

Unidades SI? $\mathbf{T \cdot m^2 / A = Wb / A = H}$ henry

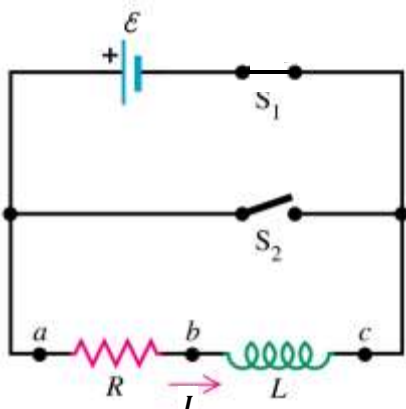
A indutância pode ser obtida a partir das características físicas da bobina:

$$L = N \frac{\phi_B}{I} = nl \frac{BA}{I} = nl \frac{\mu_0 n I A}{I} = \mu_0 n^2 l A$$

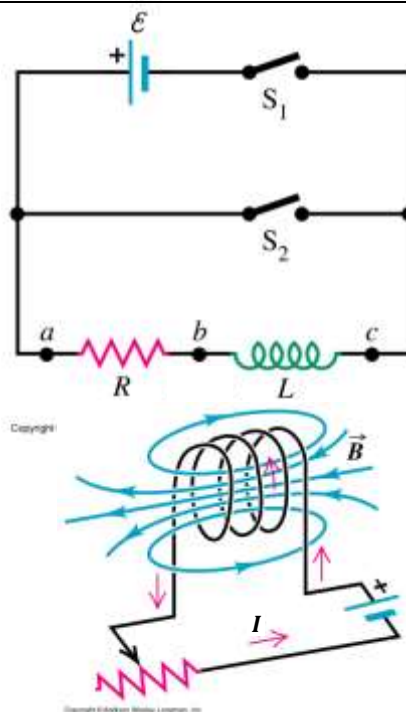
Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

Auto-indução

O que acontece num circuito com uma bobina?



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.



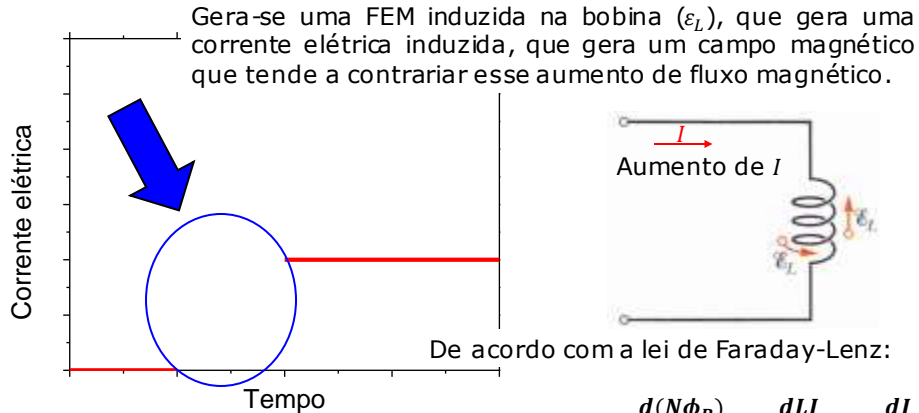
Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

Que se passa entre o instante em que se fecha o interruptor e a corrente atinge o seu estado estacionário?

A corrente vai variando entre 0 e I , o que significa que o fluxo magnético no interior da bobina vai aumentando. $\frac{d(N\Phi_B)}{dt} > 0$ $\frac{d(N\Phi_B)}{dt} = \frac{dLI}{dt} = L \frac{dI}{dt}$

O que é que uma variação de fluxo magnético provoca num circuito?



$$\varepsilon_L = -\frac{d(N\Phi_B)}{dt} = -\frac{dLI}{dt} = -L \frac{dI}{dt}$$

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

A FEM induzida na bobina é proporcional à taxa de variação da corrente

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

Olhemos de novo para o circuito RL, quando se liga o interruptor. Pela lei das malhas:

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

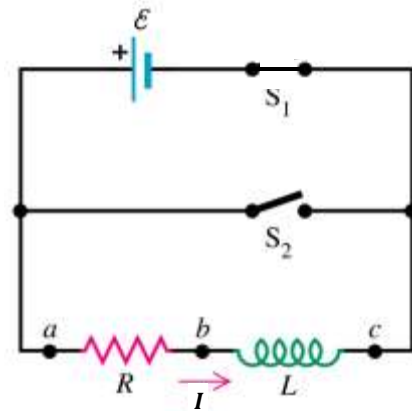
$$\varepsilon = RI + L \frac{dI}{dt}$$

No momento em que se fecha o interruptor ($t = 0$) a corrente no circuito é nula, mas vai aumentando:

$$\varepsilon = L \frac{dI}{dt}$$

A partir daí, a corrente vai aumentando. A variação da corrente com o tempo pode ser obtida a partir de:

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\varepsilon}{L} - \frac{RI}{L}$$

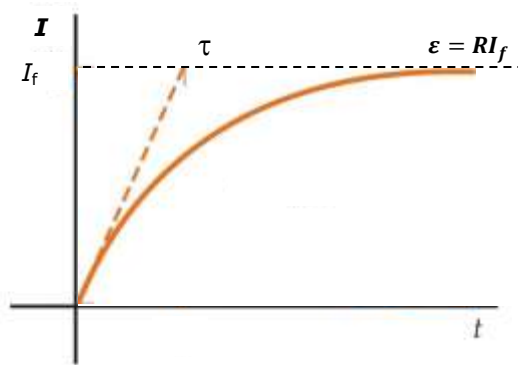


Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

À medida que a corrente aumenta, RI aumenta e $L(dI/dt)$ diminui. O valor máximo de corrente acontece quando $dI/dt = 0$.

Ao atingir o estado estacionário:



$$I = \frac{\mathcal{E}}{R} \left(1 - e^{-\frac{Rt}{L}} \right) = I_f \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

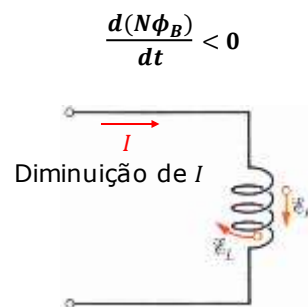
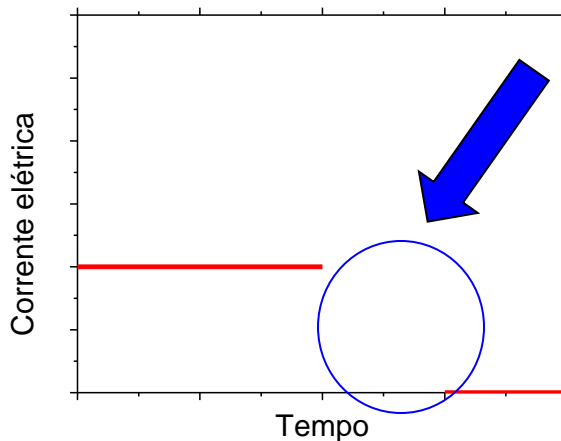
$$\tau = \frac{L}{R}$$

Constante de tempo

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

E que acontece entre o instante em que se abre o interruptor e a corrente se anula?

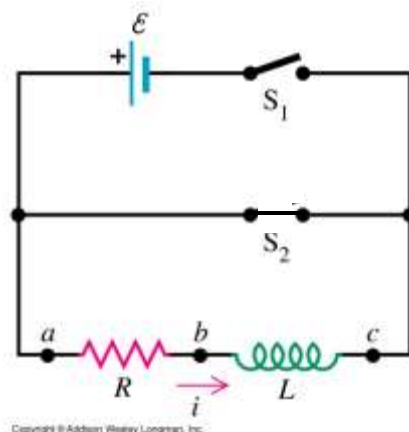
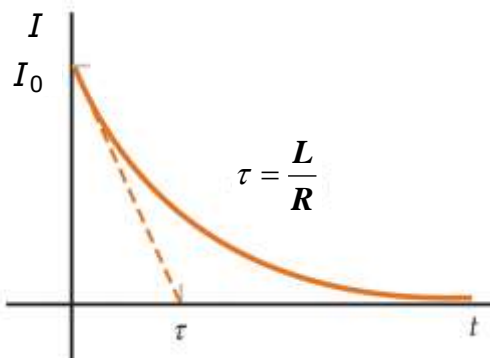
Acontecem variações contrárias. A corrente vai variando entre I e 0.



Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

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

$$RI + L \frac{dI}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = -\frac{R}{L}I$$



$$I = I_0 e^{-\frac{Rt}{L}} = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

Energia magnética

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

$$\varepsilon = RI + L \frac{dI}{dt}$$

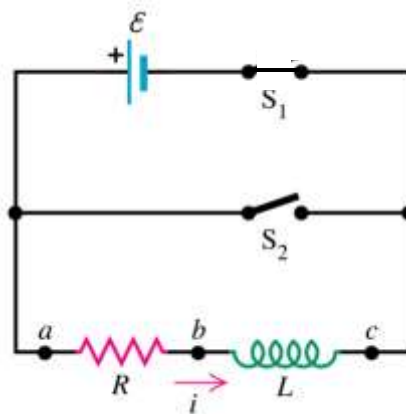
$$\varepsilon I = RI^2 + LI \frac{dI}{dt}$$



Potência introduzida na bobina

Potência dissipada na resistência

Potência fornecida pela fonte



Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

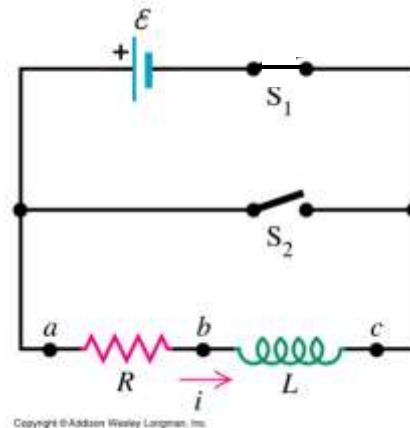
$$\varepsilon I = RI^2 + LI \frac{dI}{dt}$$

Se $E_p(B)$ for a energia acumulada na bobina

$$\frac{dE_p(B)}{dt} = LI \frac{dI}{dt}$$

$$dE_p(B) = LI dI$$

$$E_p(B) = \int_0^{I_f} LI dI = \frac{1}{2} LI_f^2$$



Copyright © Addison Wesley Longman, Inc.

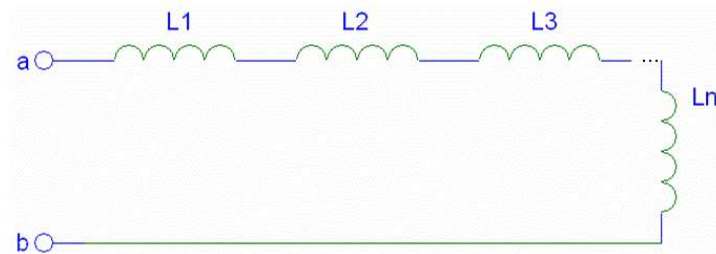
$$E_p(B) = \frac{1}{2} LI^2$$

Energia armazenada numa bobina quando é percorrida por uma corrente I

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

Associação de Bobinas (Indutores)

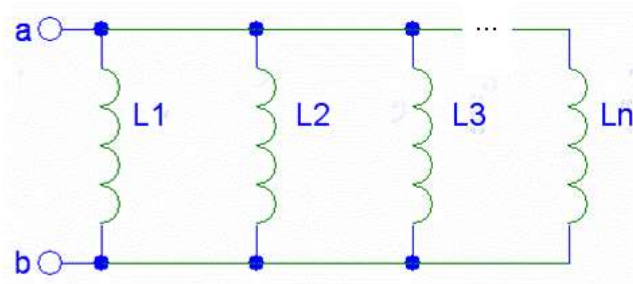
- Bobinas em série



$$L_{eq} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_n = \sum_{i=1}^n L_i$$

Electromagnetismo EE (2016/17)
Cap 7: Indução eletromagnética

- Bobinas em paralelo



$$\frac{1}{L_{eq}} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_n} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{L_i}$$