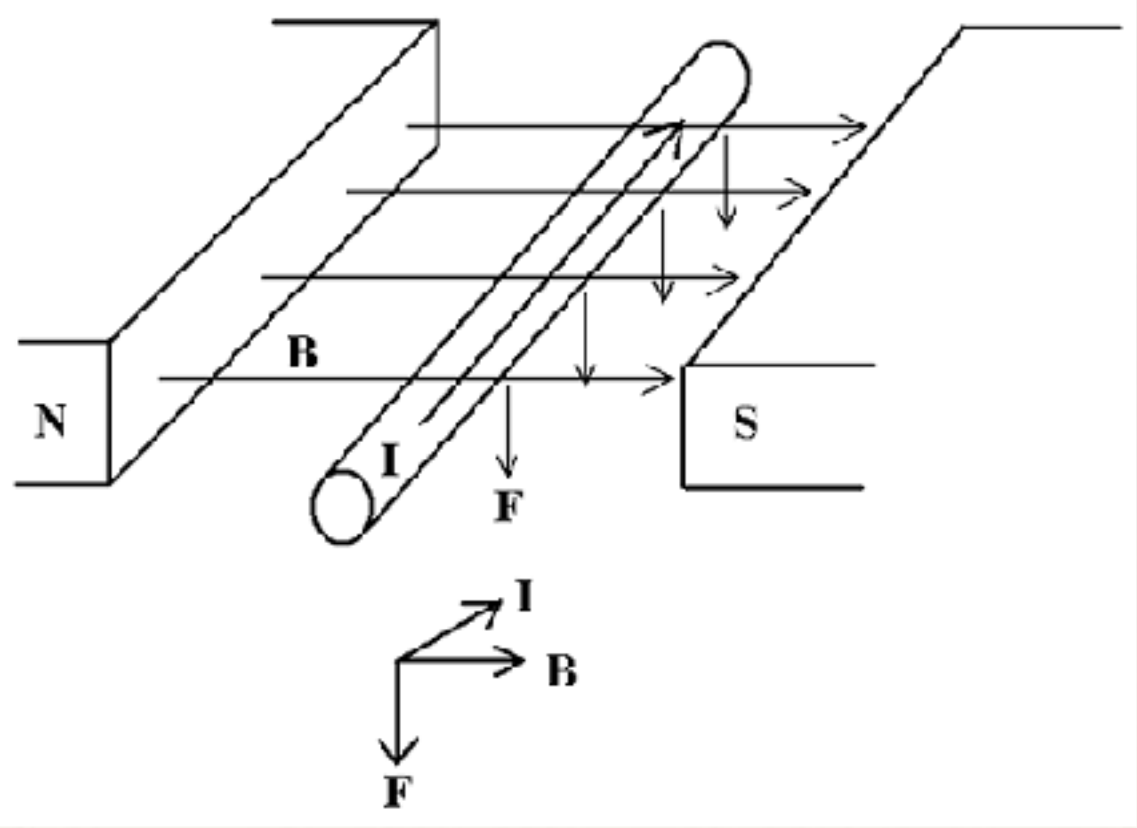
Semana 11

Electricidad y Magnetismo

Diego A. Torres G.
datorresg@unal.edu.co
@datorresg1977

Inducción Electromagnética

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}}$$

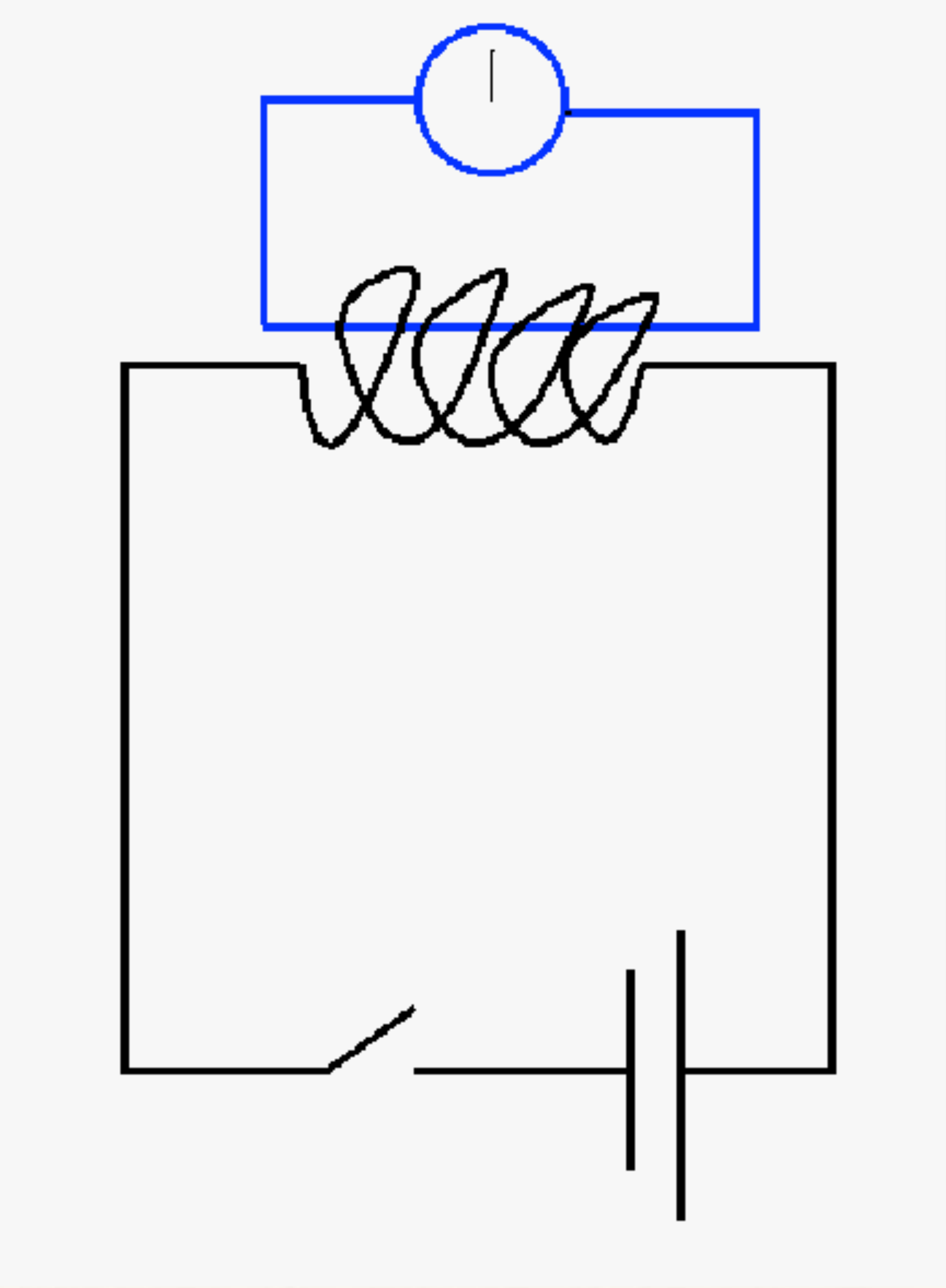


Inducción Electromagnética

¿Cuál es la conexión entre la electricidad y magnetismo?

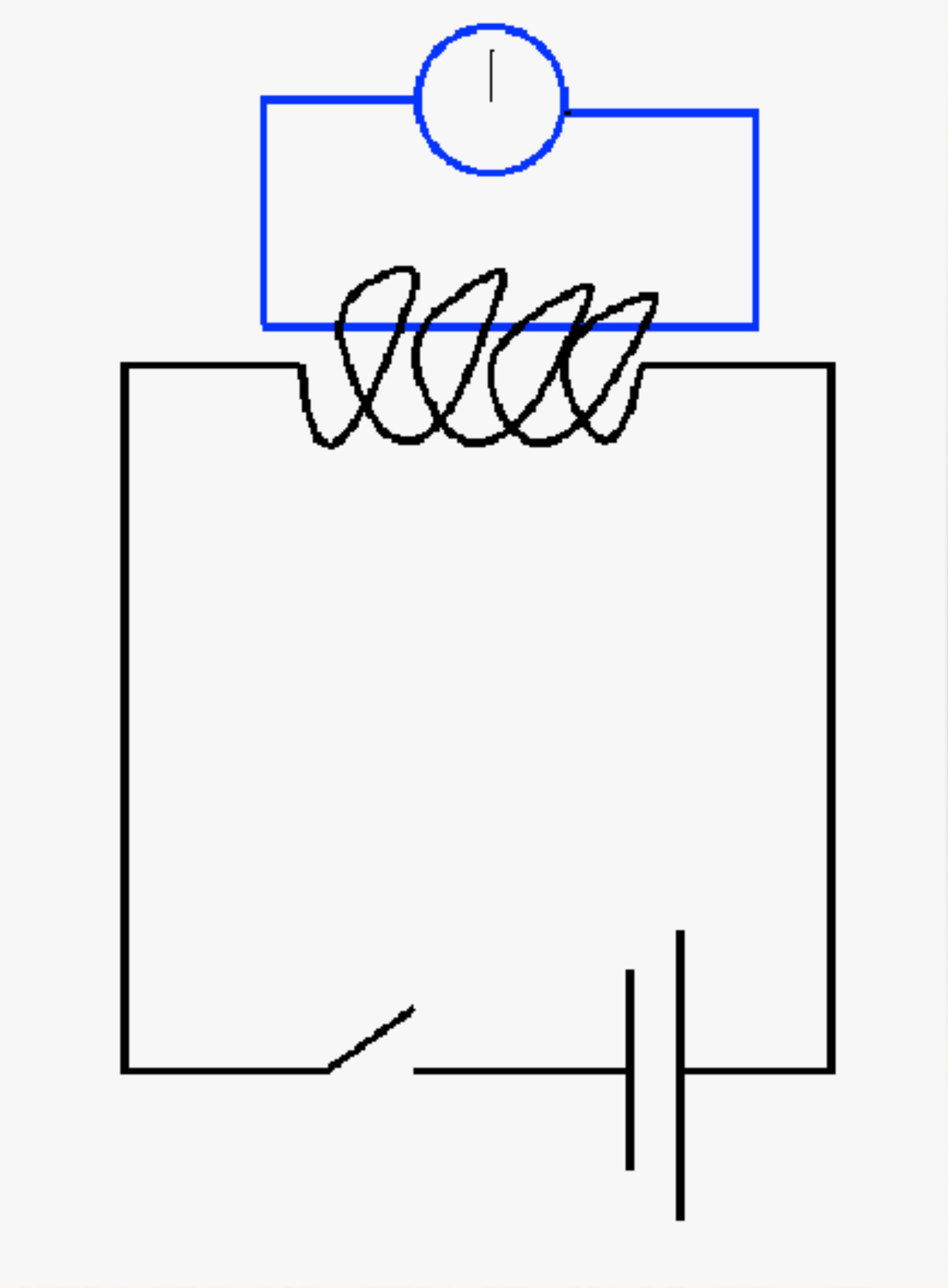
Inducción Electromagnética

¿Puede una corriente constante originar otra corriente?



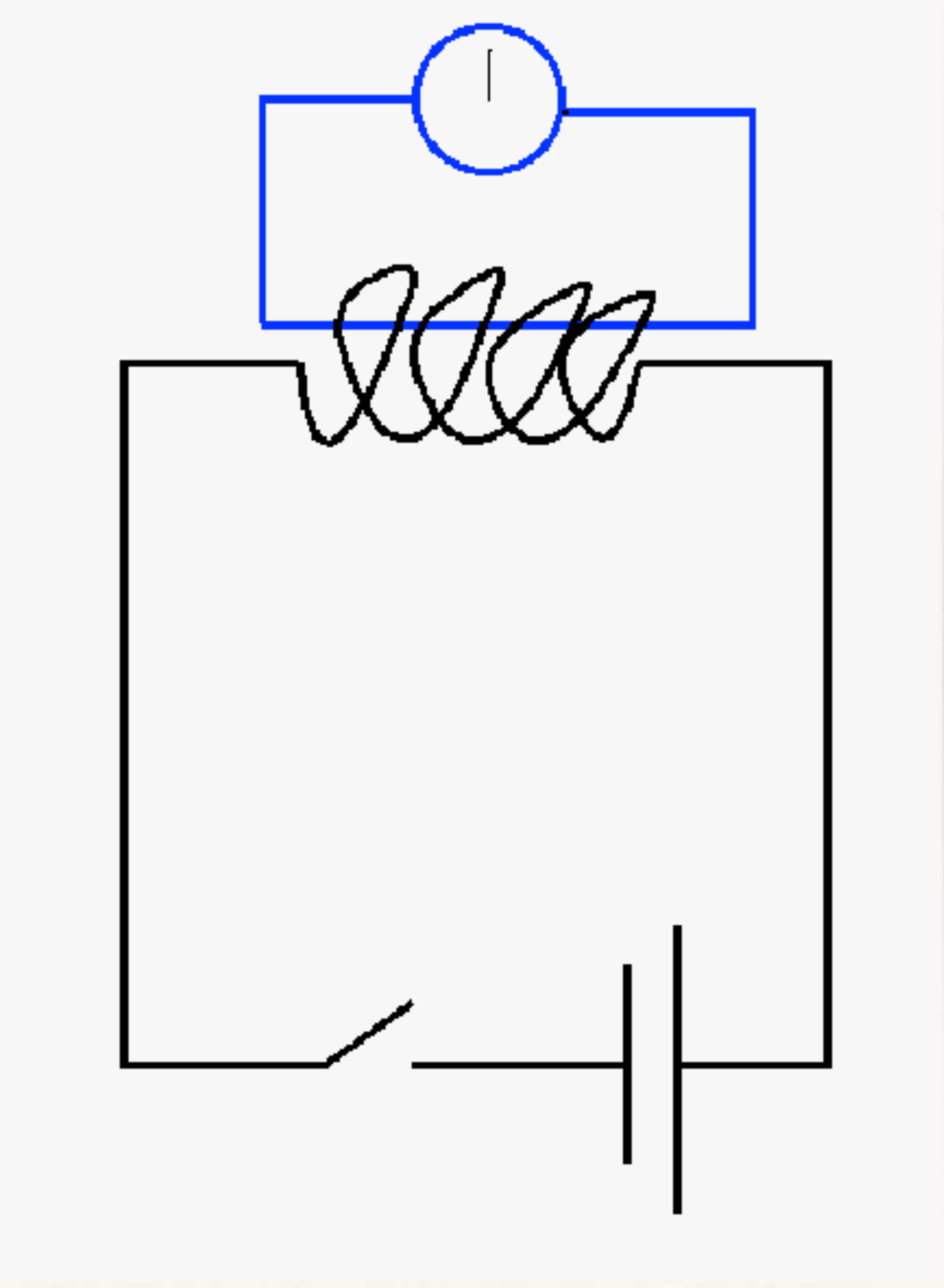
Inducción Electromagnética

No, una corriente constante NO puede originar otra corriente.

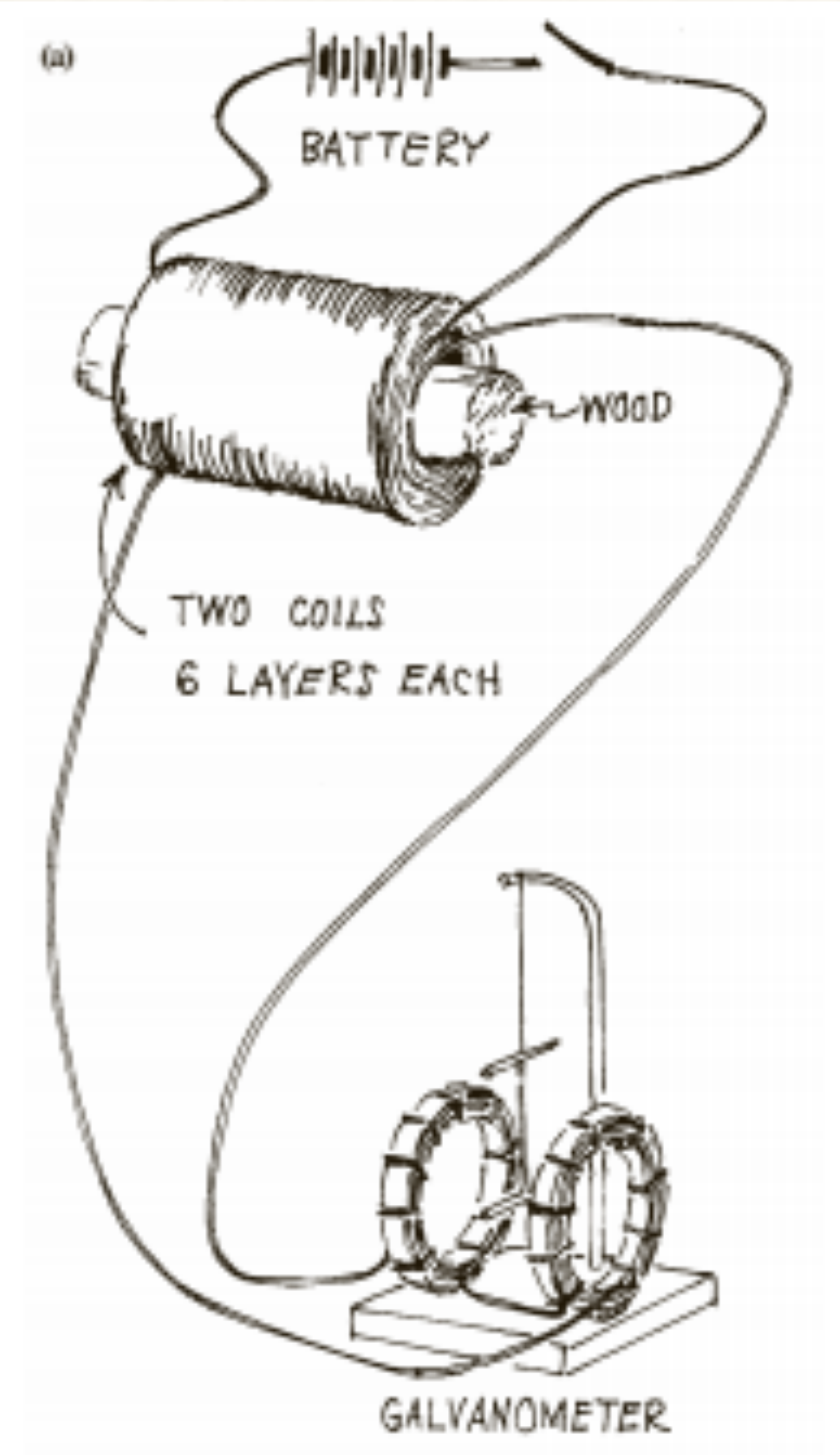


Inducción Electromagnética

Pero, una corriente “variable” origina otra corriente.



Inducción Electromagnética



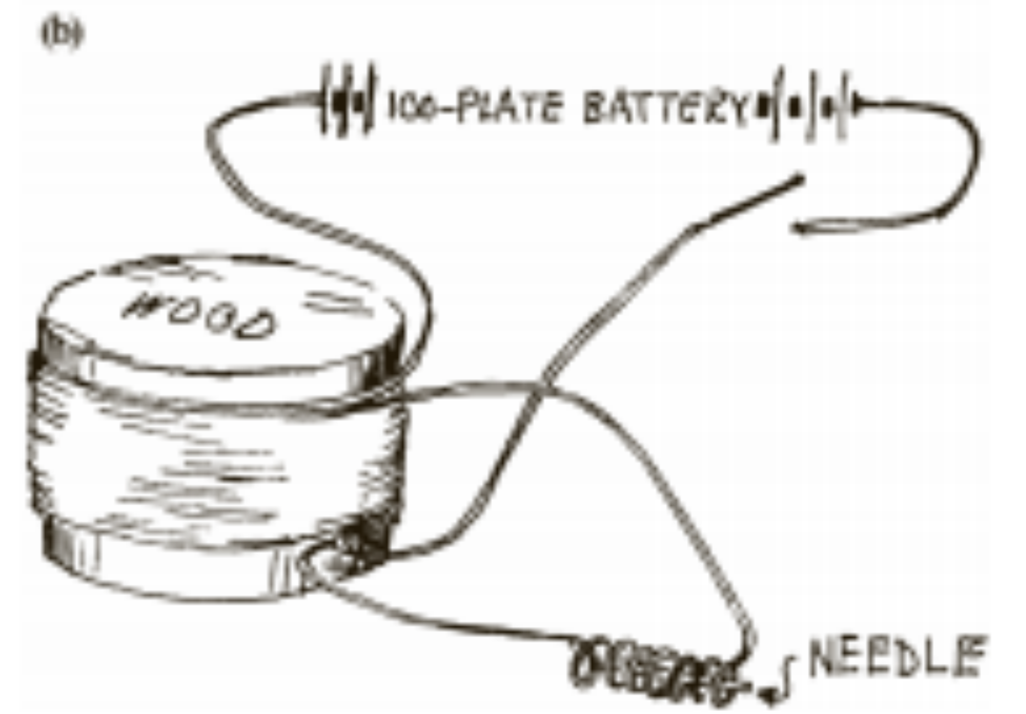
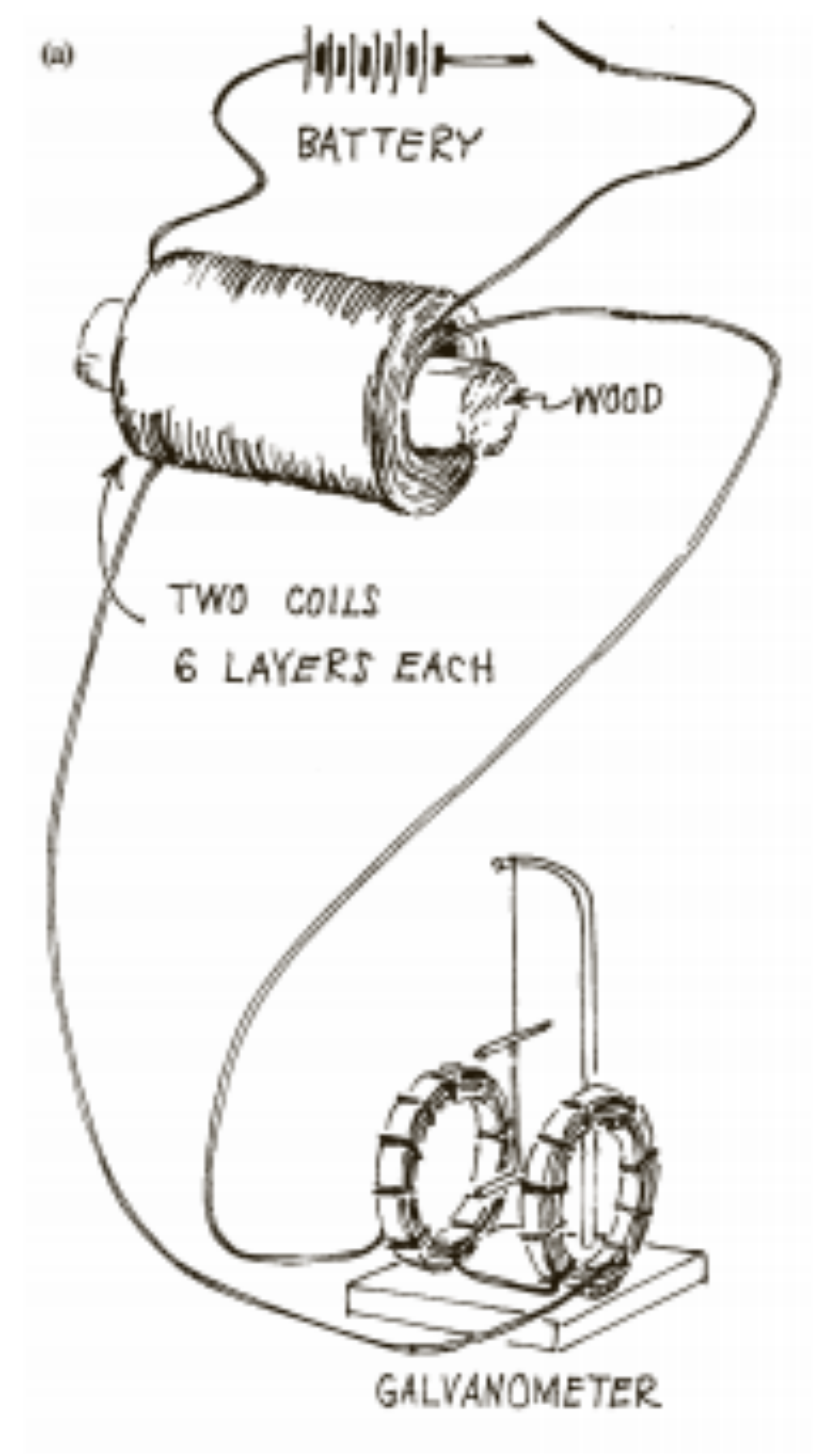


Figure 7.1.
Interpretation by the author of some of Faraday's experiments described in his "Experimental Researches in Electricity," London, 1839.

Inducción Electromagnética



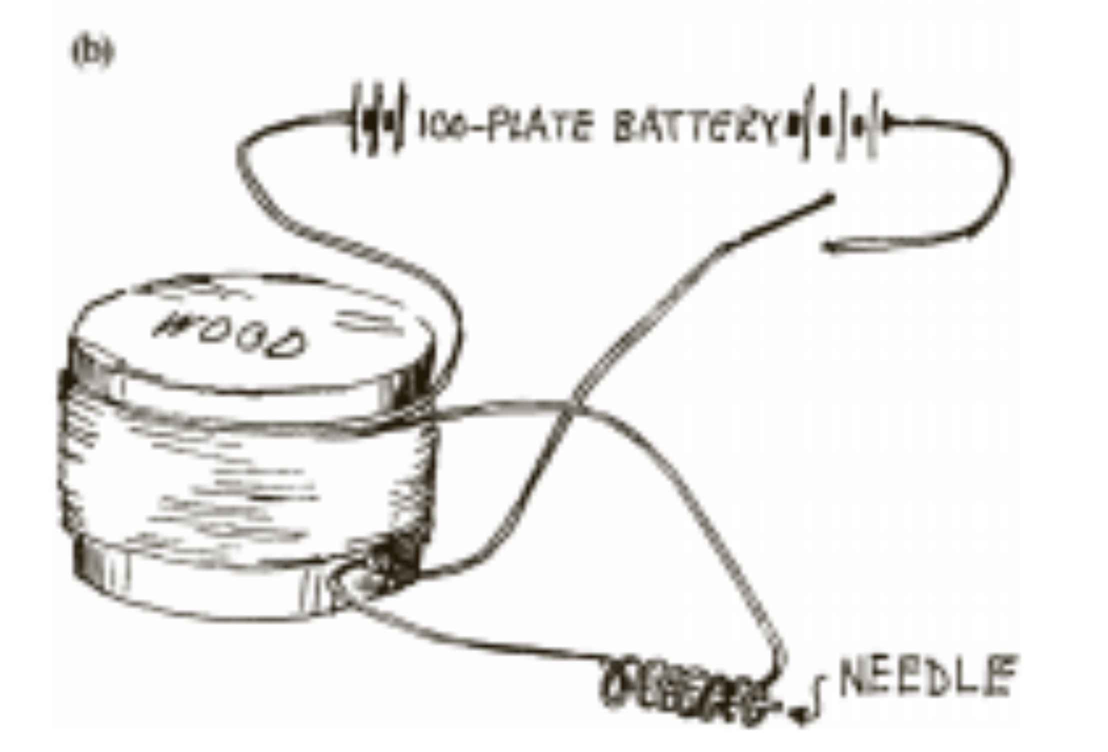
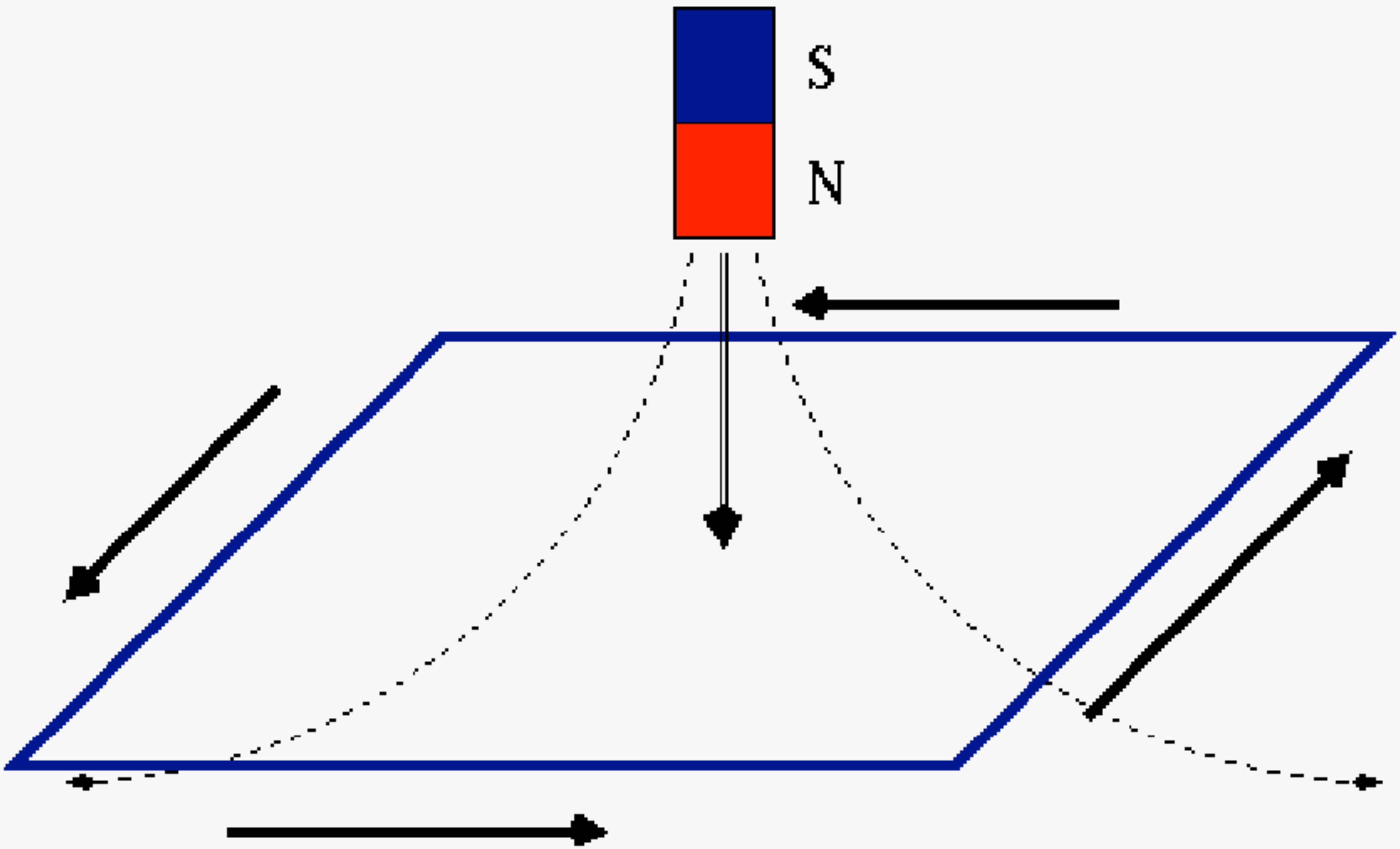
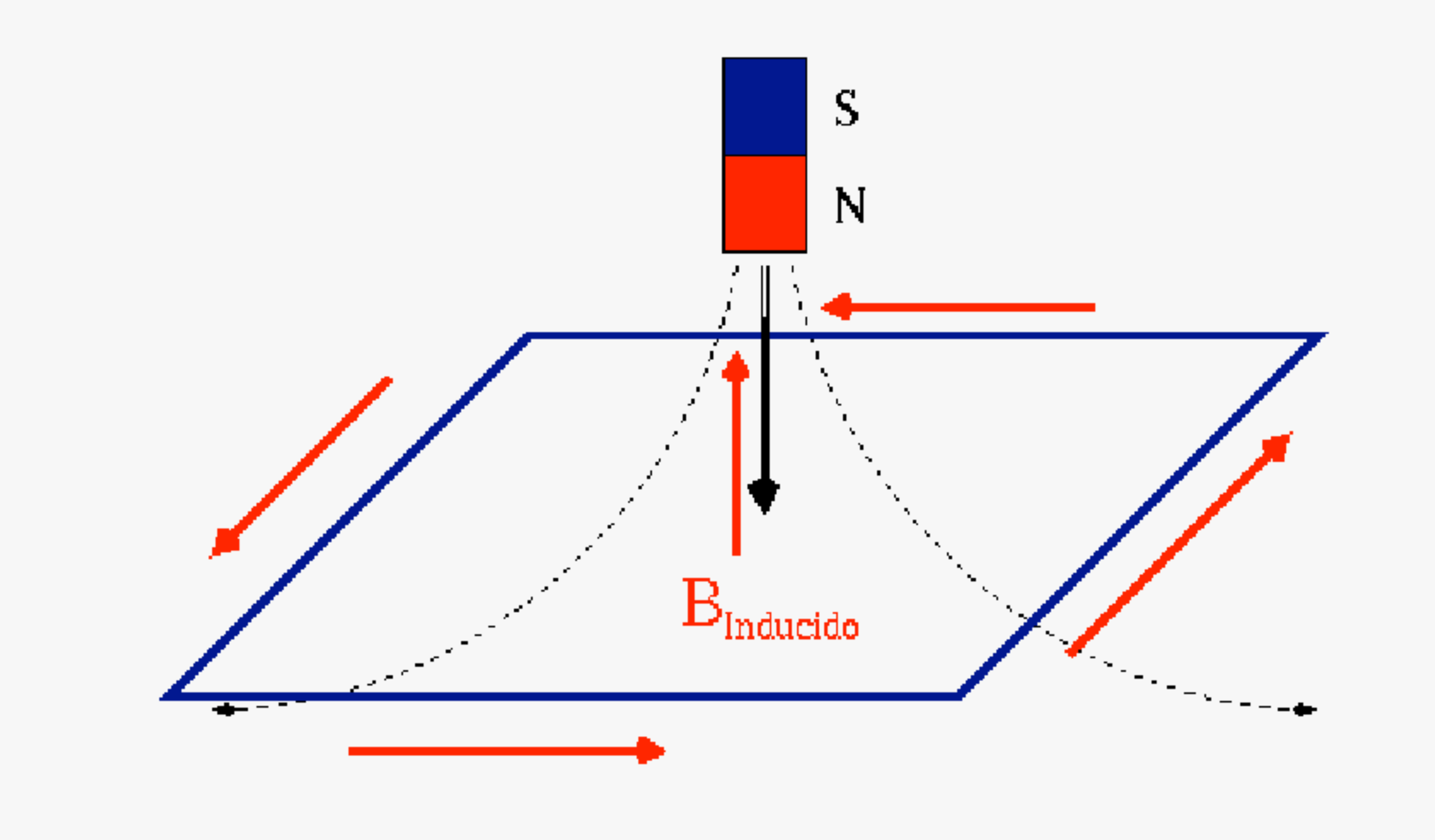


Figure 7.1.
Interpretation by the author of some of Faraday's experiments described in his "Experimental Researches in Electricity," London, 1839.

Inducción Electromagnética

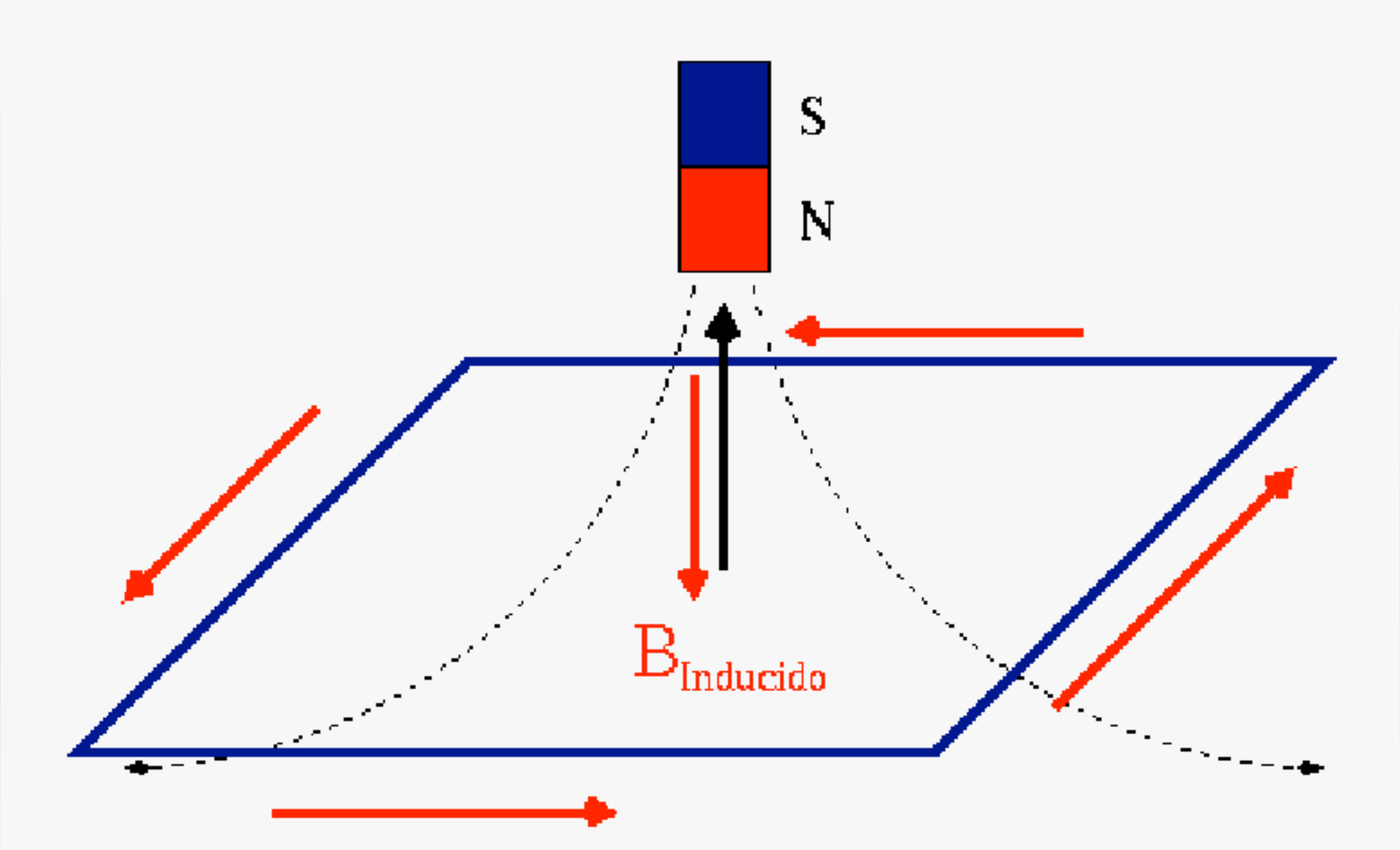


Inducción Electromagnética



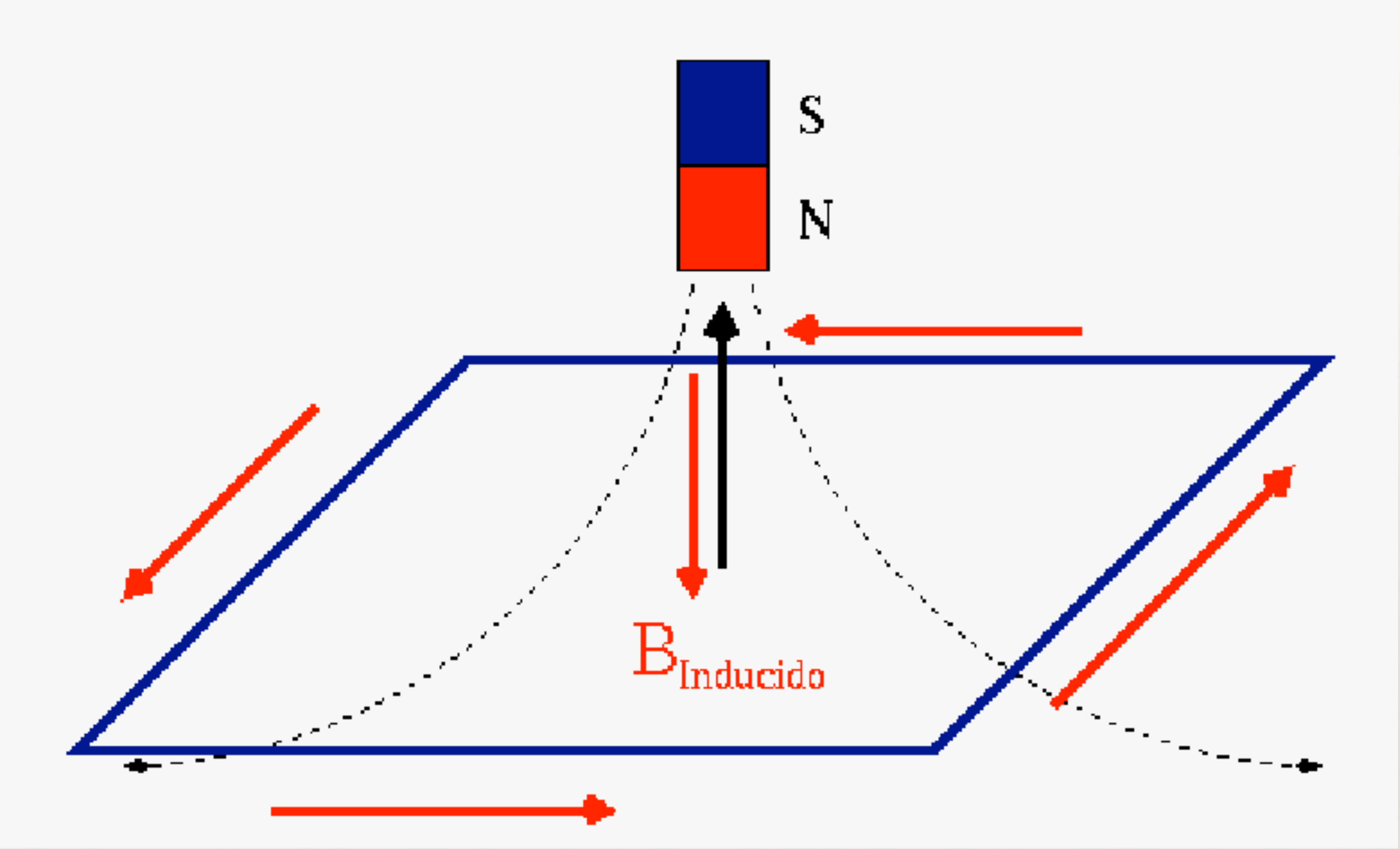
El campo magnético producido por la corriente inducida, $B_{inducido}$, se opone al campo externo.

Inducción Electromagnética



La corriente producida se opone al cambio en el campo magnético externo.

Inducción Electromagnética



Ley de Lenz: la dirección de la corriente inducida en un conductor debido al cambio del campo magnético variable, debido a la ley de inducción de Faraday, dará origen a un campo magnético que se opone al campo magnético que la produce.

Fuerza Electromotriz

EMF = ElectroMotive Force

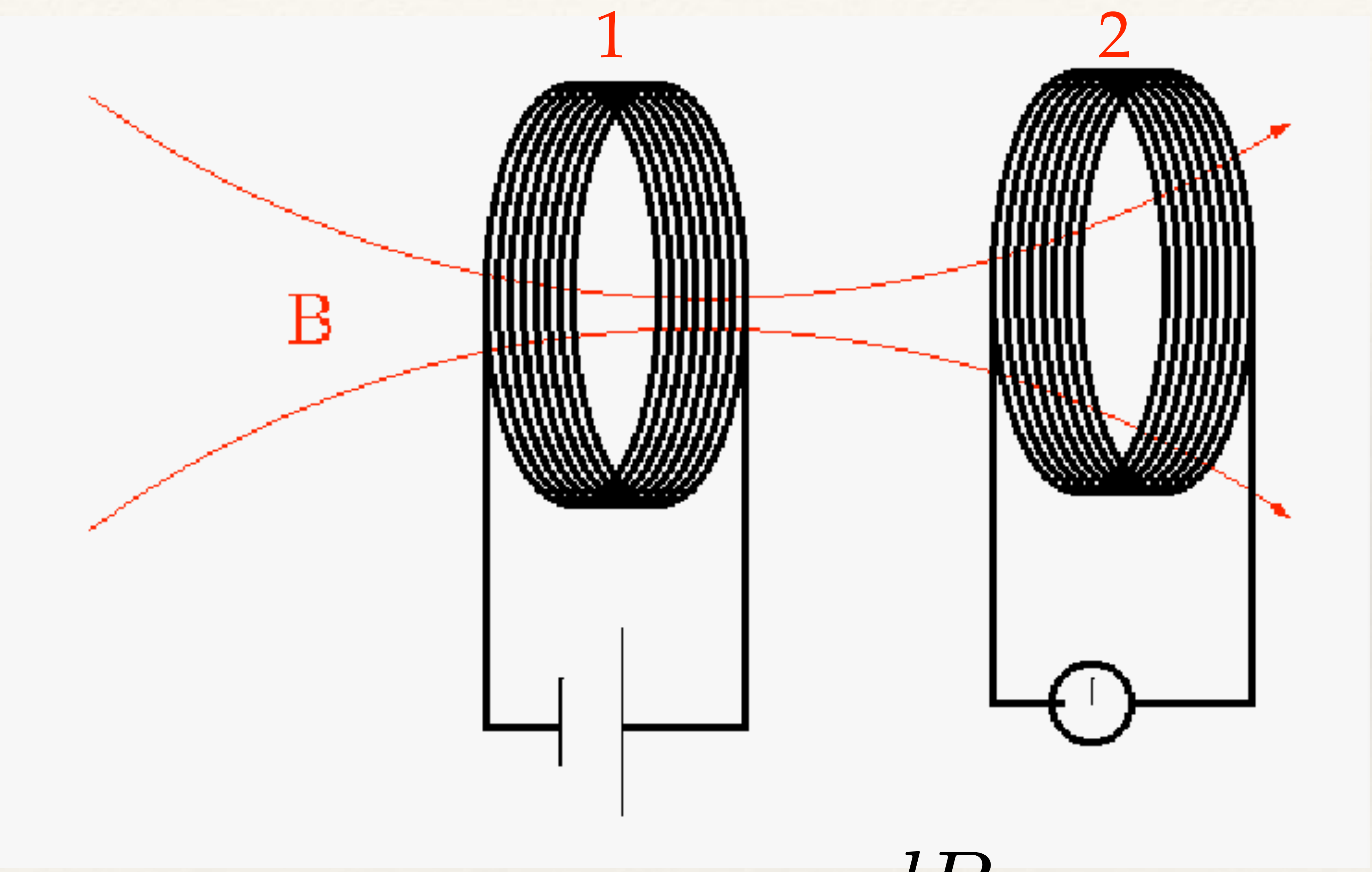
Fuerza Electromotriz

La unidad de la fuerza electromotriz es el voltio.

$$\boxed{EMF = IR}$$

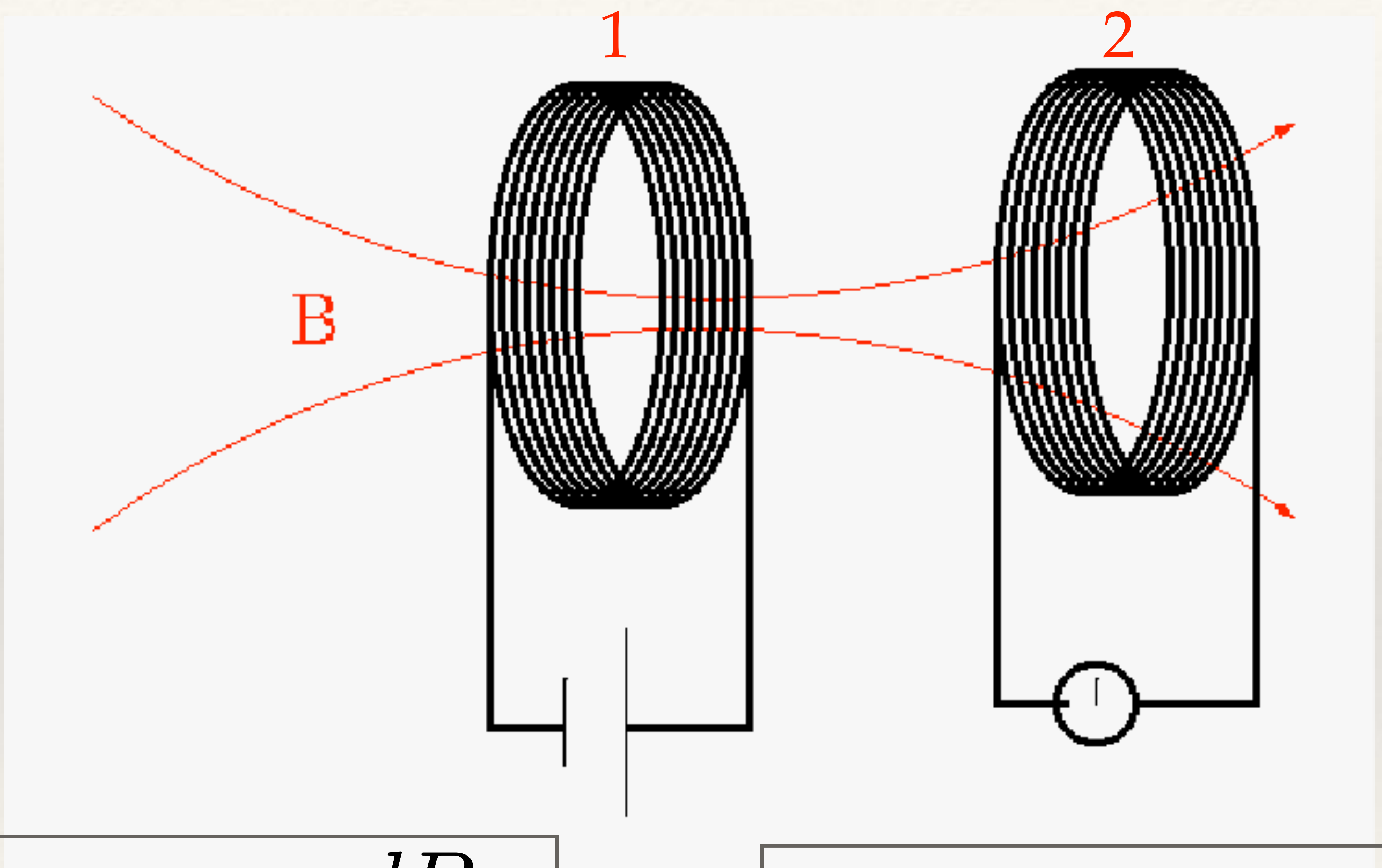
I; corriente - *R*; resistencia

Fuerza Electromotriz



$$EMF_2 \sim \frac{dB_1}{dt}$$

Fuerza Electromotriz

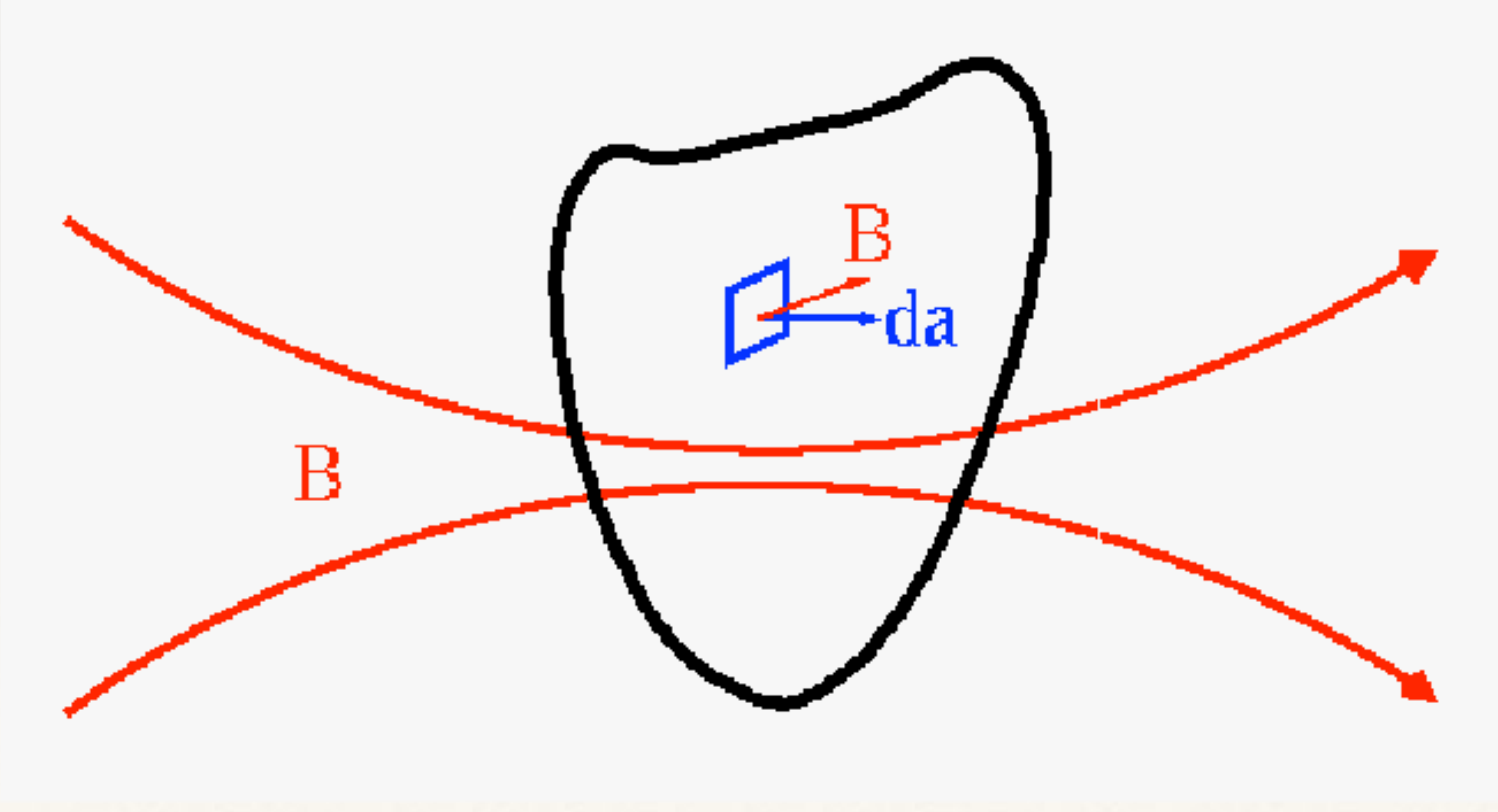


$$\boxed{EMF_2 \sim \frac{dB_1}{dt}}$$

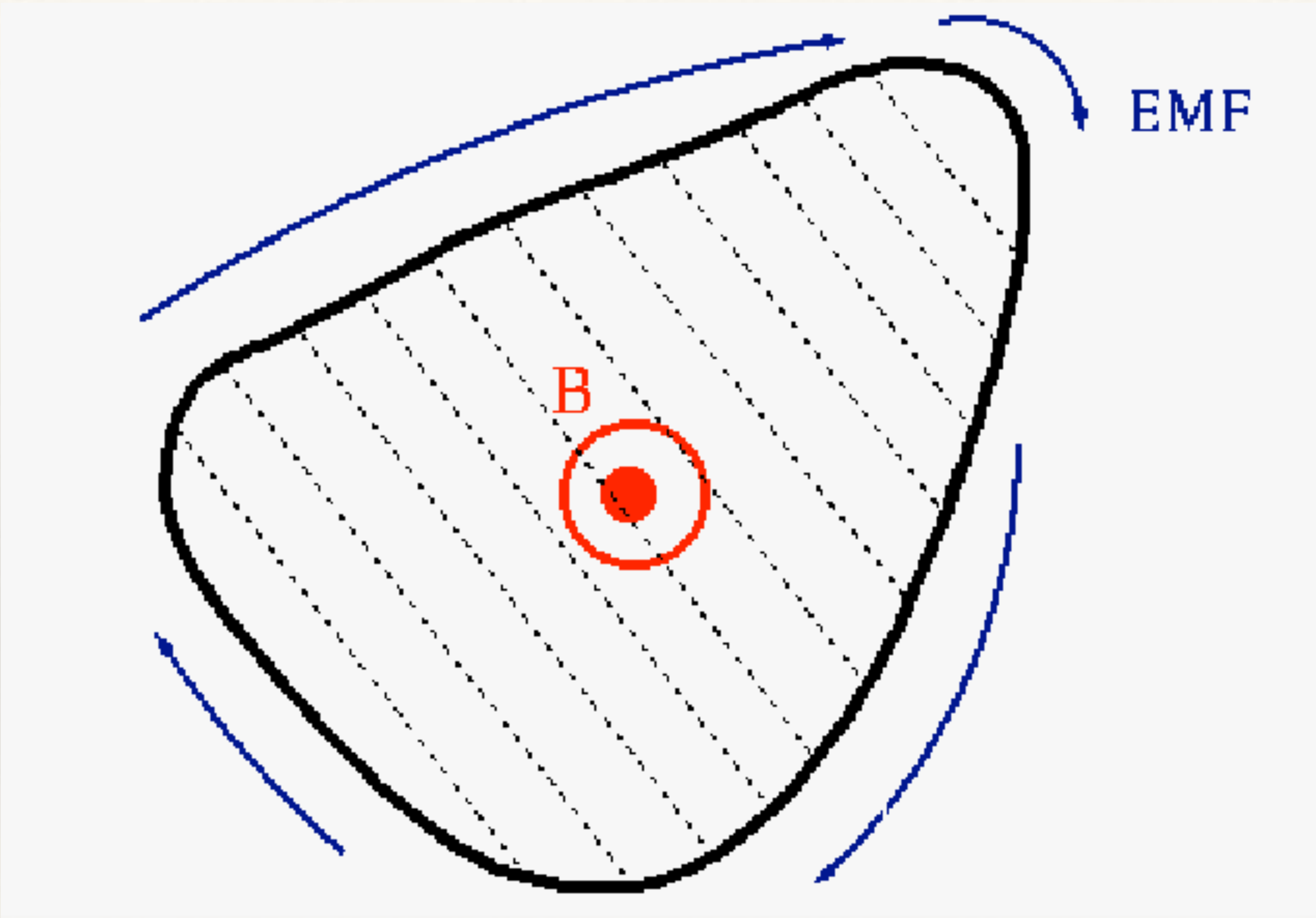
$$\boxed{EMF_2 \sim Area_2}$$

Flujo de Campo Magnético

$$\phi_B = \int_{\text{sobre la superficie}} \vec{B} \cdot d\vec{a}$$

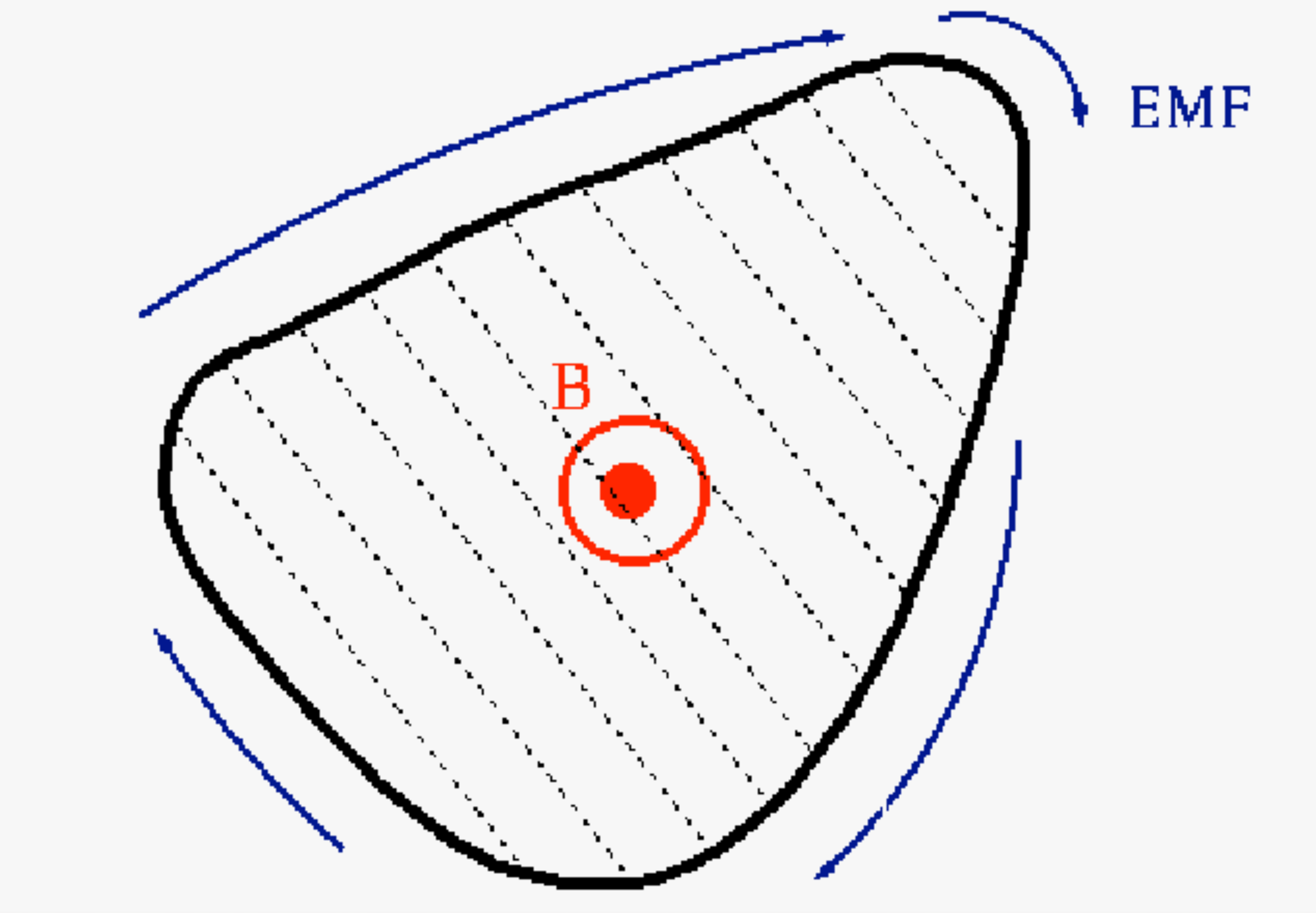


Flujo de Campo Magnético



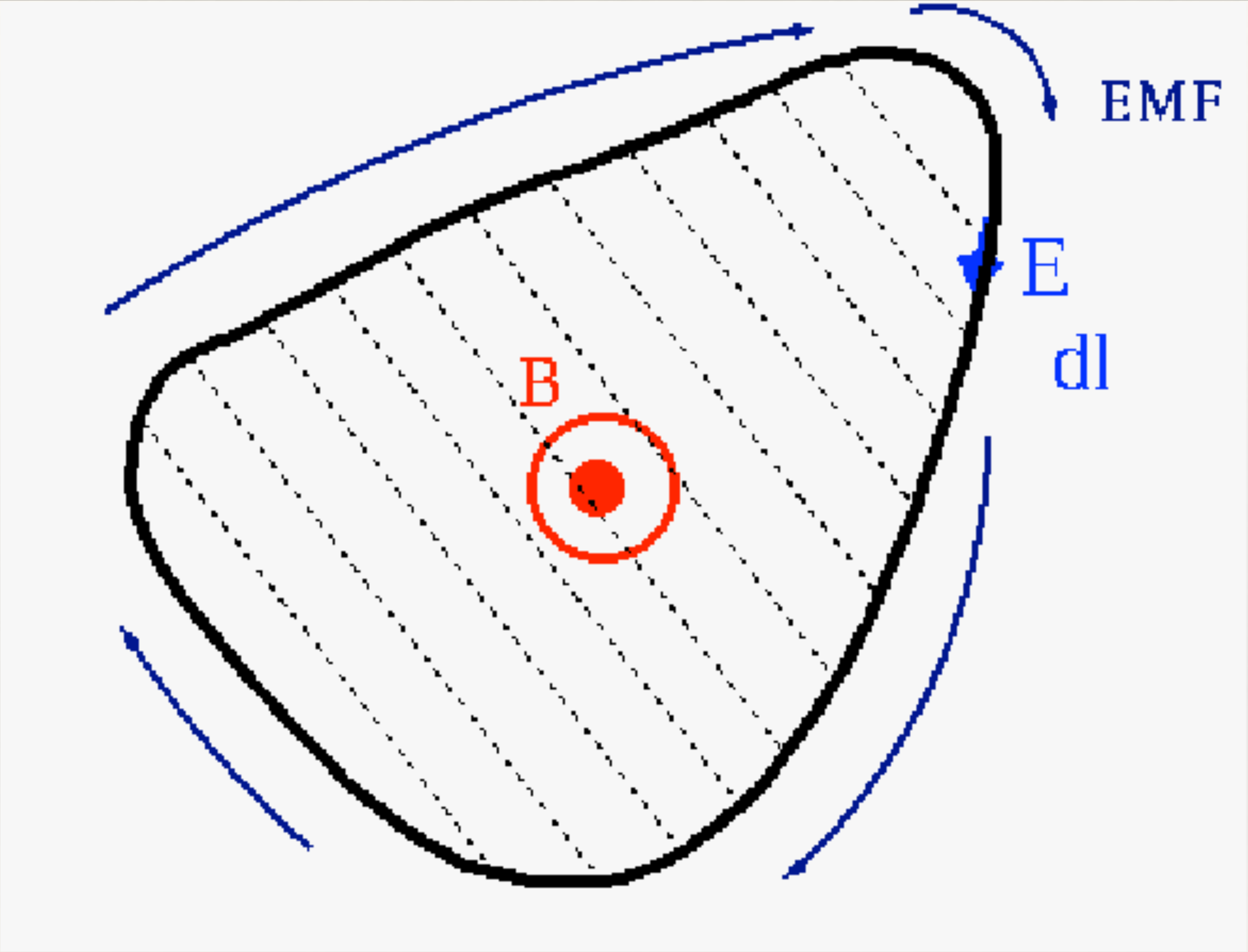
$$EMF = -\frac{d\phi_B}{dt}$$

Flujo de Campo Magnético



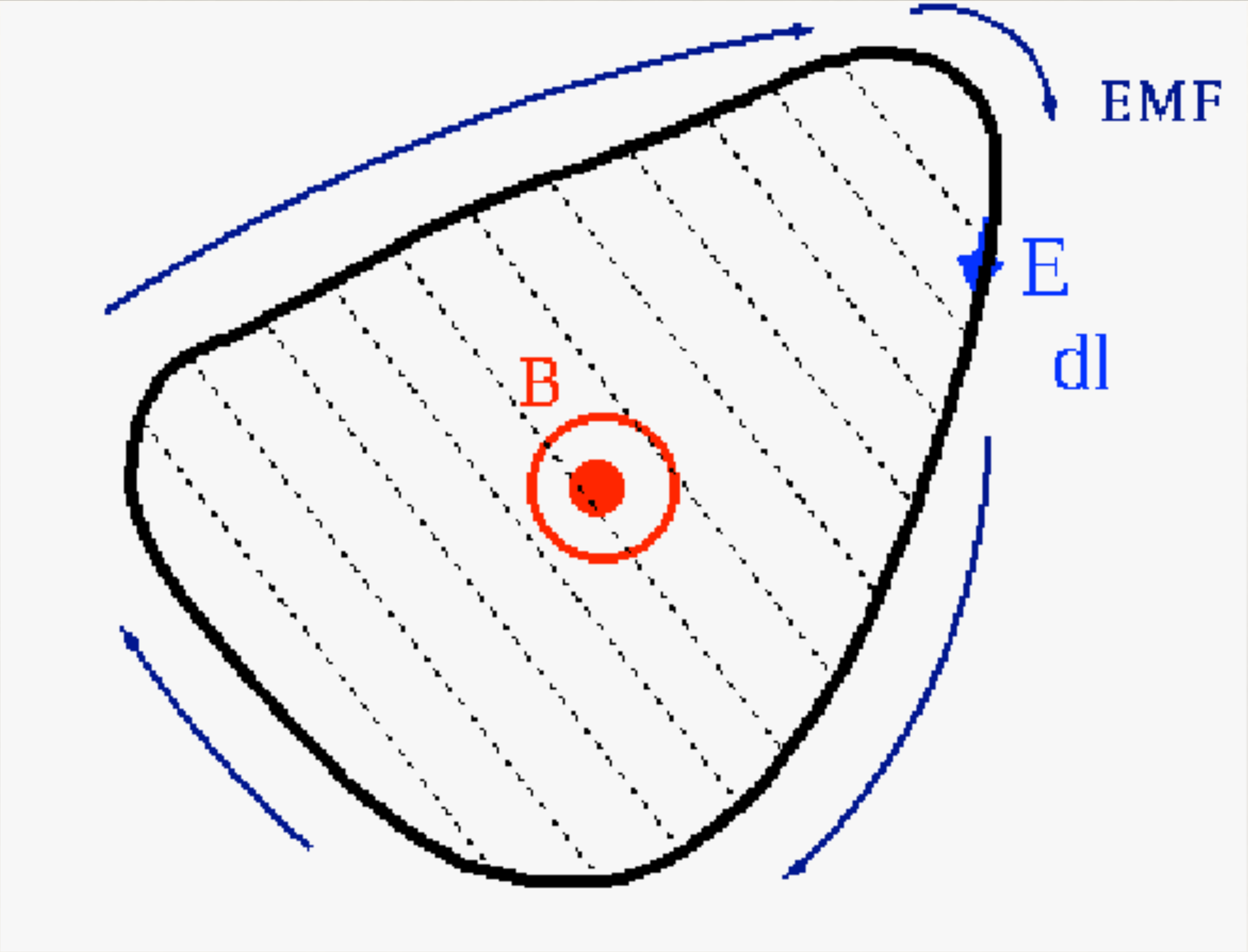
$$EMF = -\frac{d\phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}\int_{superficie} B \cdot d\vec{a}$$

Ley de Faraday



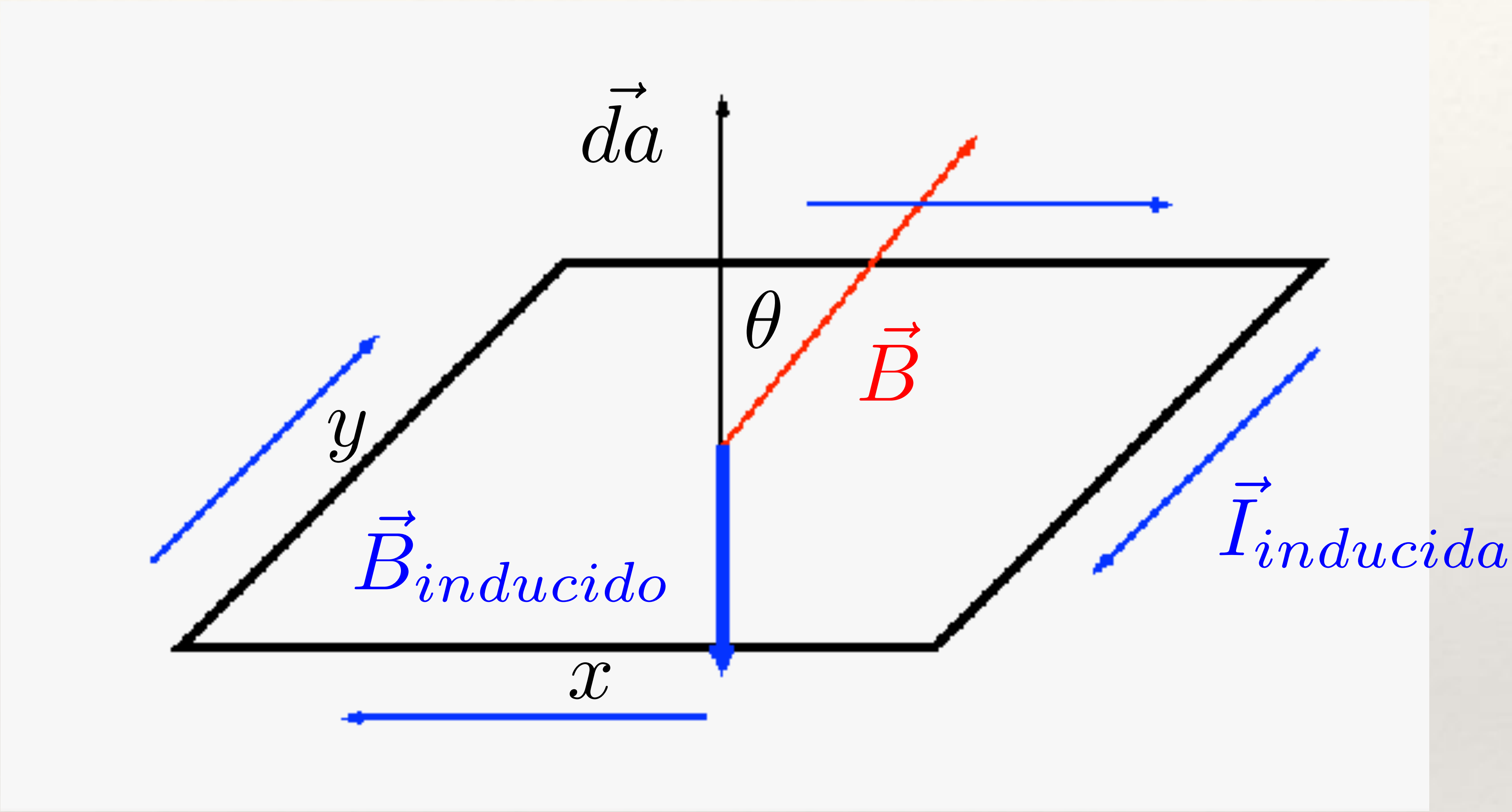
$$\color{blue}{EMF} = -\frac{d\phi_B}{dt} = \frac{d}{dt}\int_{superficie} \color{red}{B} \cdot d\vec{a} = \oint_{\text{loop cerrado}} \color{blue}{\vec{E}} \cdot d\vec{l}$$

Ley de Faraday



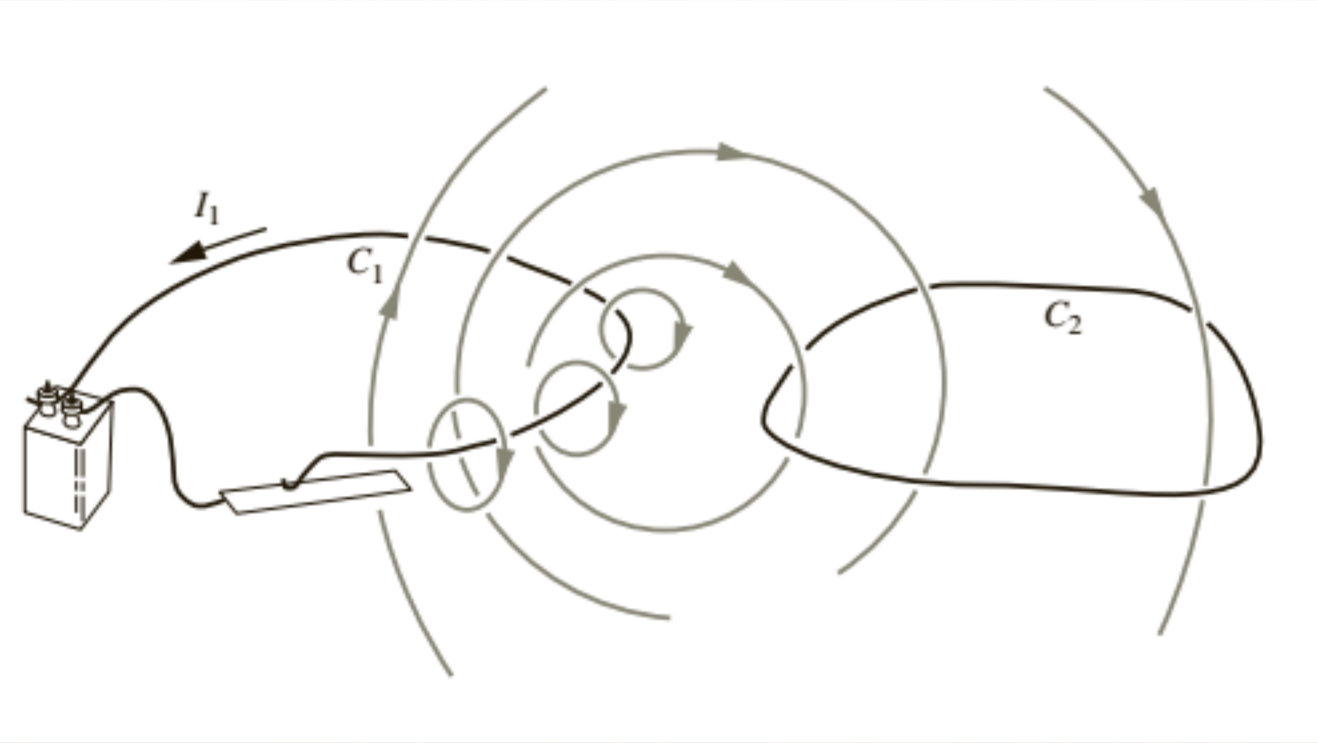
$$\oint_{\text{loop cerrado}} \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_{\text{superficie abierta}} \vec{B} \cdot d\vec{a}$$

Ley de Faraday



$$\boxed{\phi = x\, y\, B \cos\theta}$$

Inducción Mutua



El flujo a travez del circuito C_2

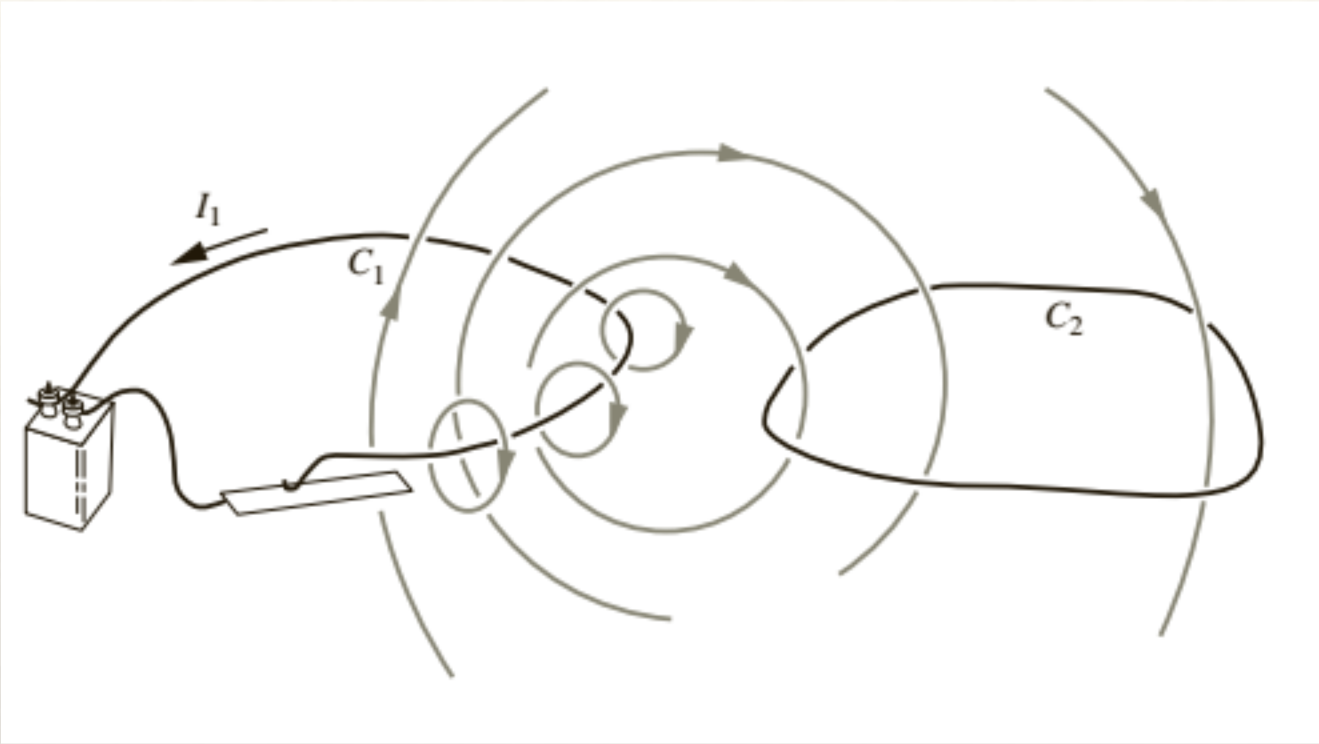
$$\phi_{21} = \int_{S_2} \vec{B}_1 \cdot d\vec{a}_2$$

El flujo es proporcional a la corriente

$$\frac{\phi_{21}}{I_1} \equiv M_{21}$$

$$\phi_{21} \equiv M_{21}\, I_1$$

Inducción Mutua



El flujo a travez del circuito C_2

$$\phi_{21} = \int_{S_2} \vec{B}_1 \cdot d\vec{a}_2$$

$$\phi_{21} \equiv M_{21}\, I_1$$

La fuerza electromotriz inducida en el circuito C_2 es

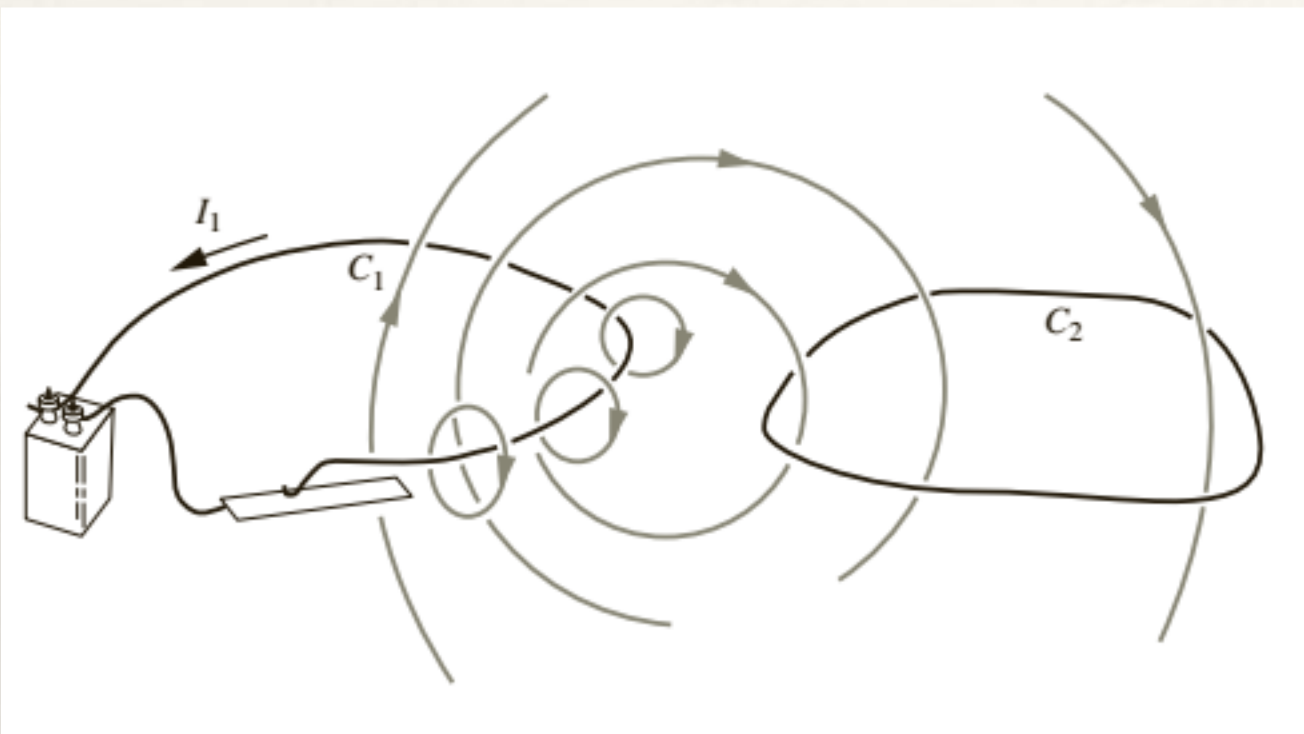
$$E_{21} = -M_{21} \frac{dI_1}{dt}$$

M_{21} es el coeficiente de inductancia mutua, su unidad es el Henry.

$$1 \text{ henry} = 1 \,\text{ohm} \cdot \text{segundo}$$

Auto inducción

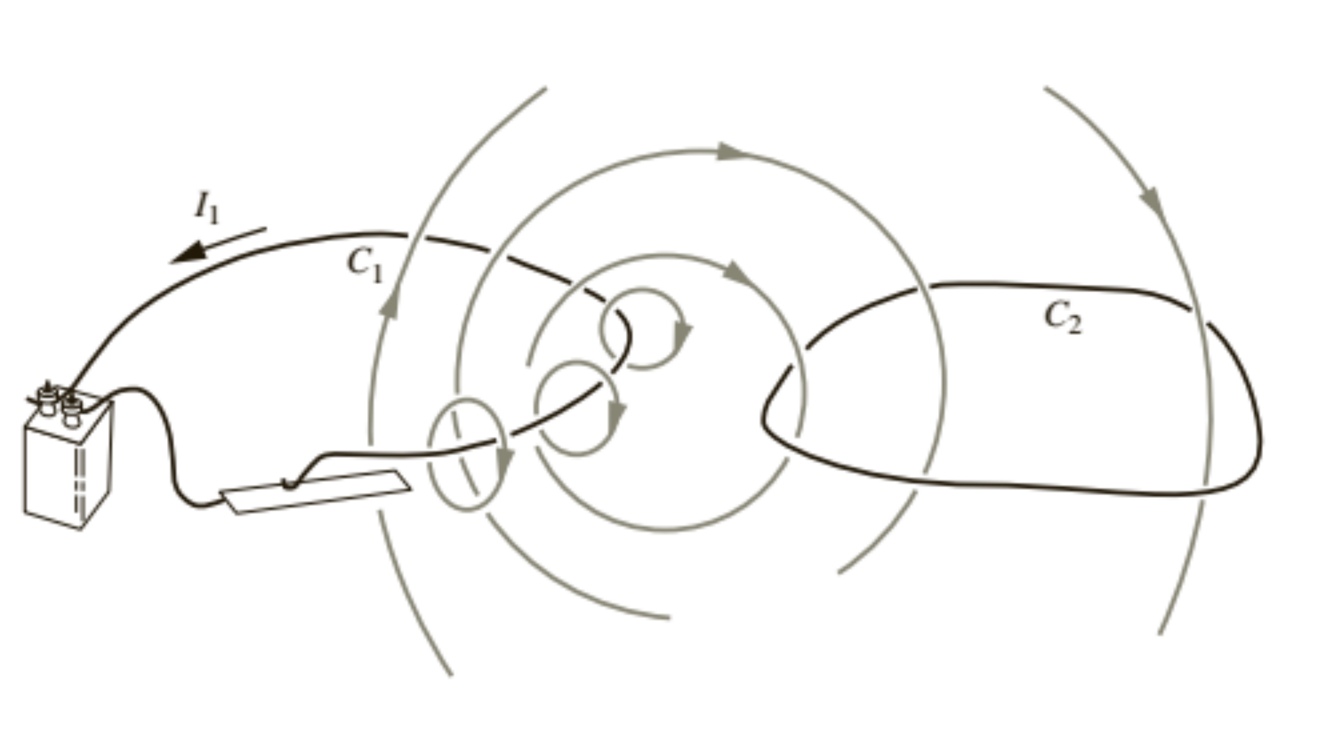
Cuando I1 cambia, existe un cambio en el flujo a travez de C1 también, y una fuerza electromotriz es inducida



$$EMF_{11} = -\frac{d\phi_1 1}{dt}$$

Auto inducción

Cuando I1 cambia, existe un cambio en el flujo a travez de C1 también, y una fuerza electromotriz es inducida



$$EMF_{11} = \frac{d\phi_{11}}{dt}$$

El flujo es proporcional a la corriente,

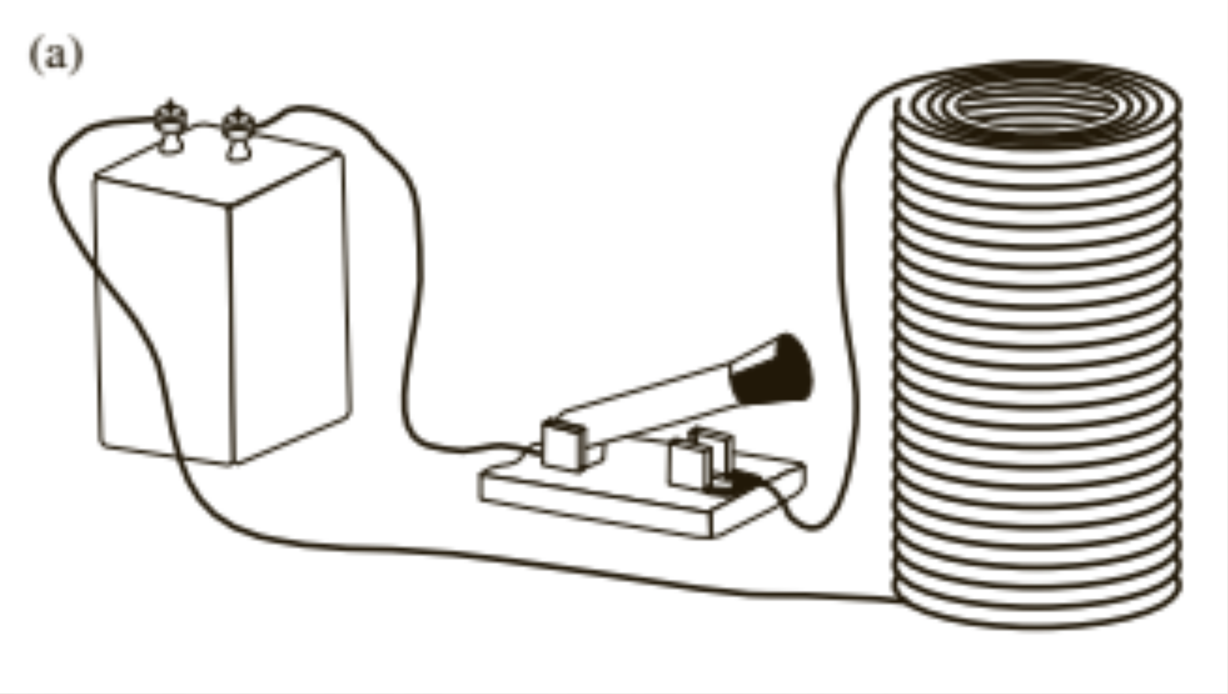
$$\frac{\phi_{11}}{I_1} = \text{constante} \equiv L_1$$

$$\boxed{EMF_{11} = -L_1 \frac{dI_1}{dt}}$$

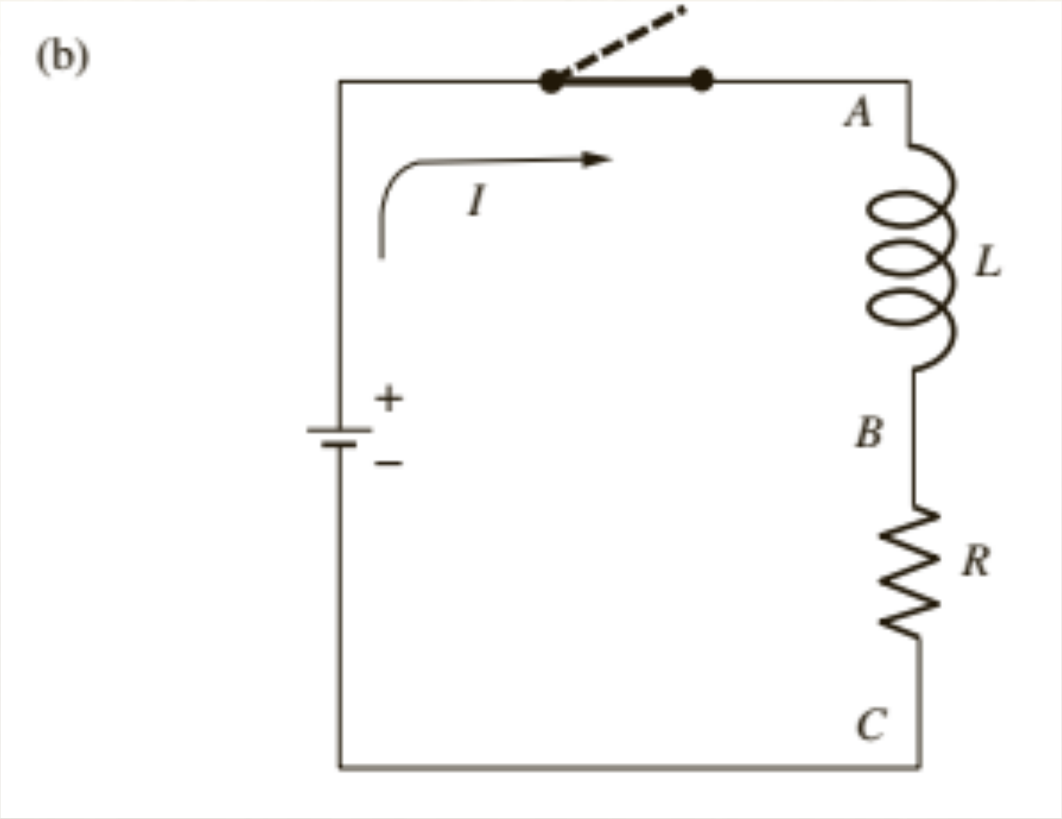
L_1 (también llamado L) es llamado "coeficiente de auto-inducción"

Auto inducción

Circuito con una inductancia

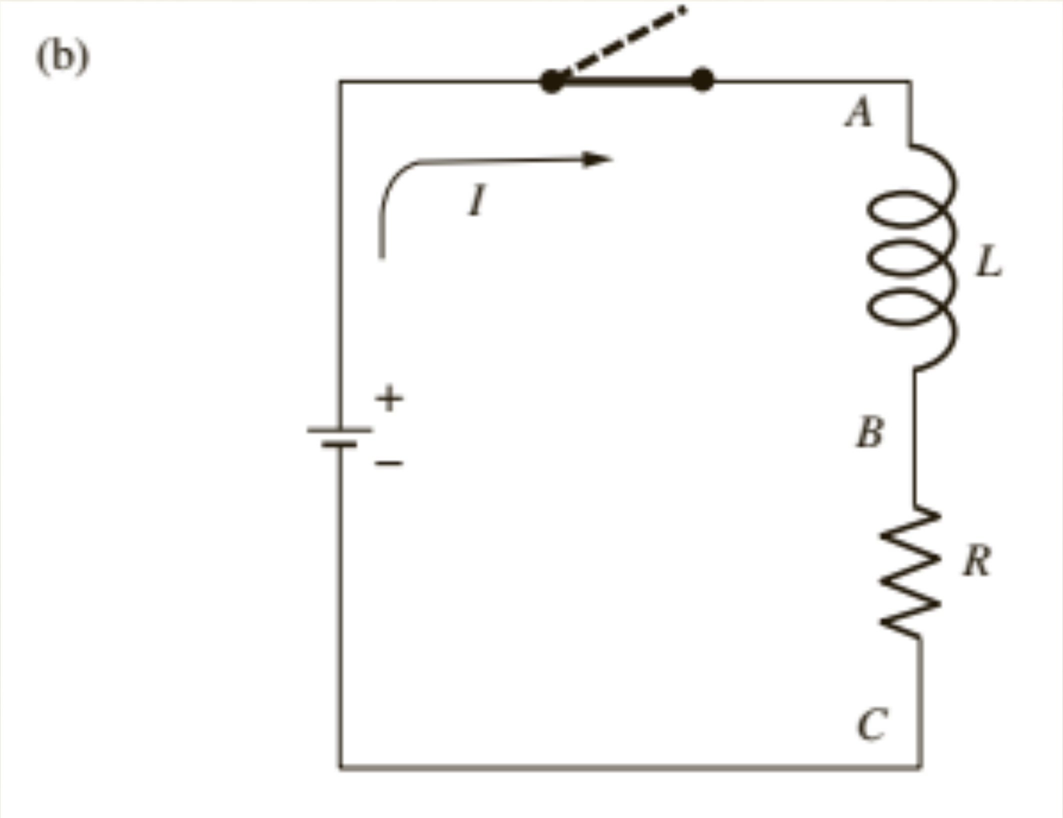


Circuito con una inductancia y una resistencia



Auto inducción

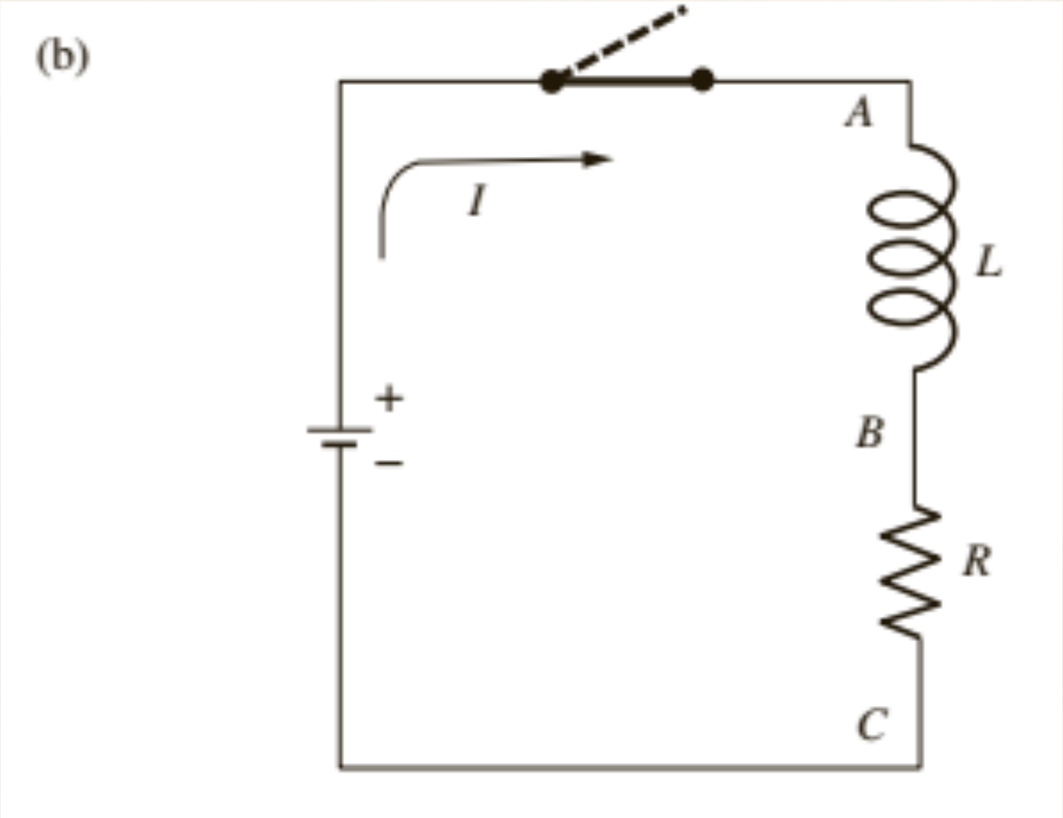
Circuito con una inductancia y una resistencia



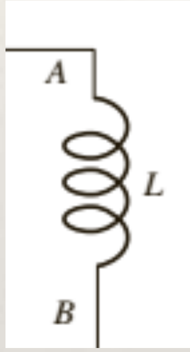
$$EMF = \varepsilon_0$$

Auto inducción

Circuito con una inductancia y una resistencia



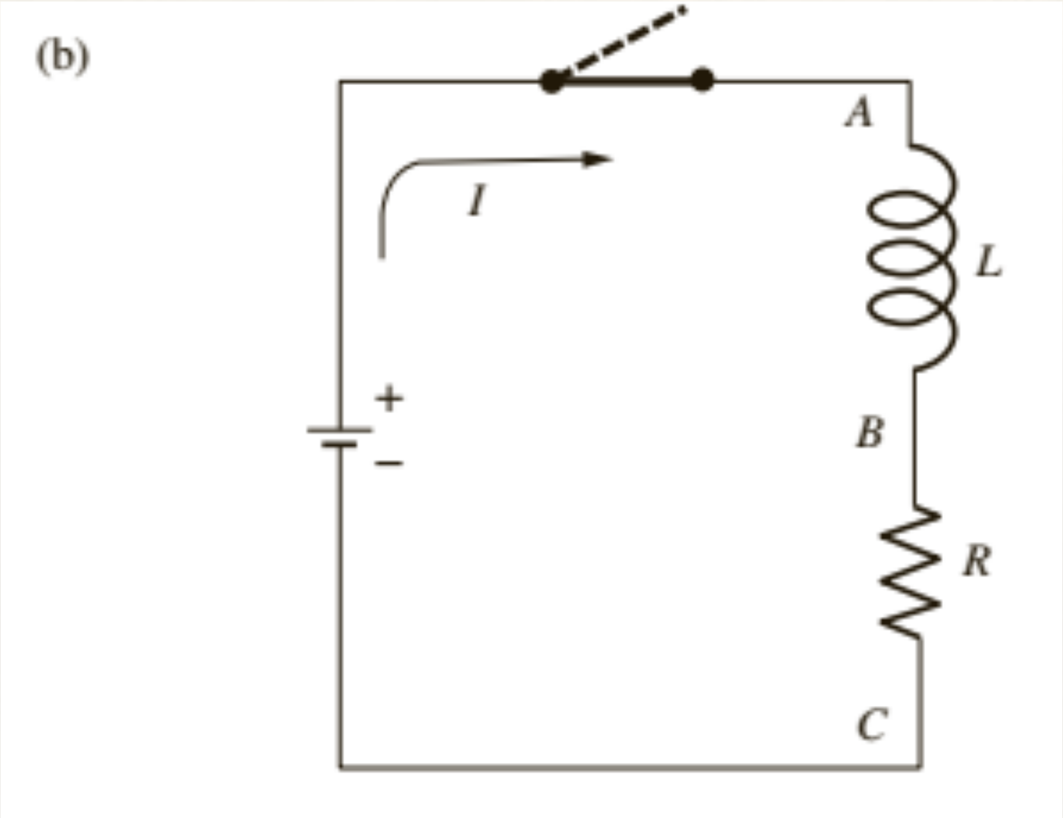
$$EMF = \varepsilon_0$$



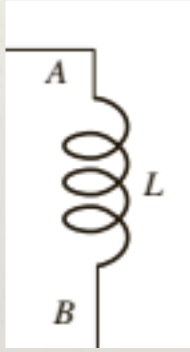
$$-L\frac{dI}{dt}$$

Auto inducción

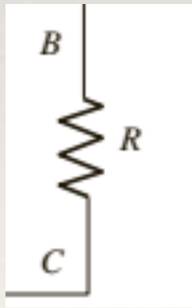
Circuito con una inductancia y una resistencia



$$EMF = \varepsilon_0$$



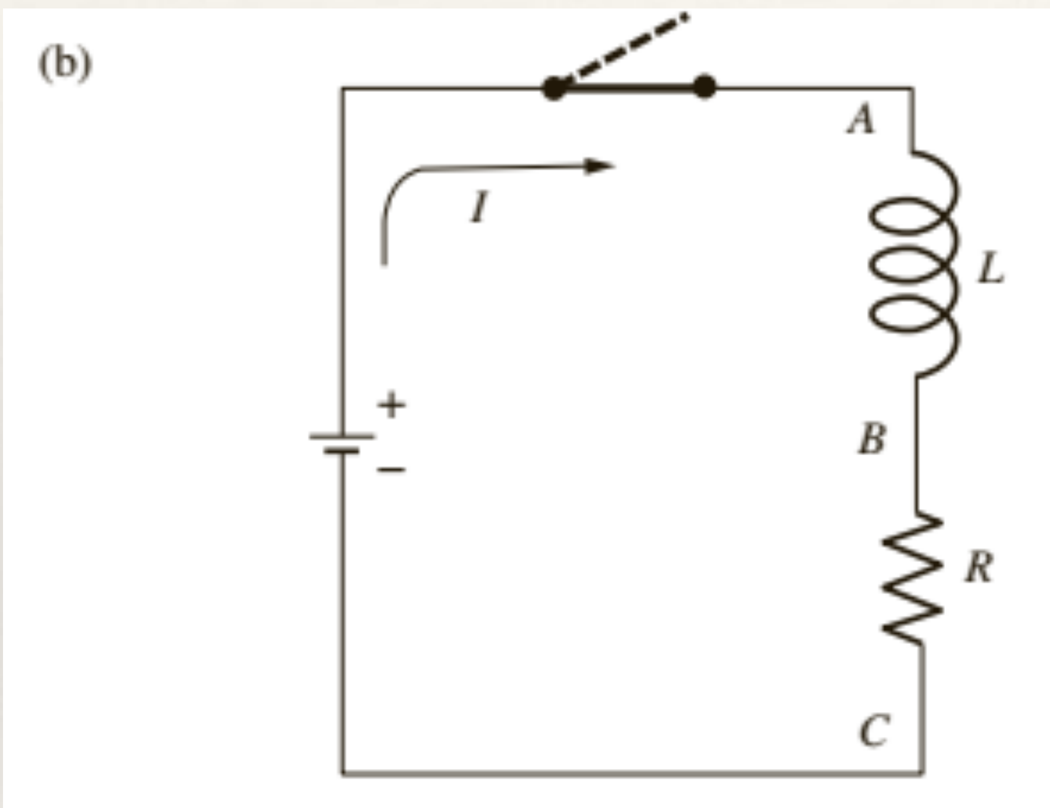
$$-L\frac{dI}{dt}$$

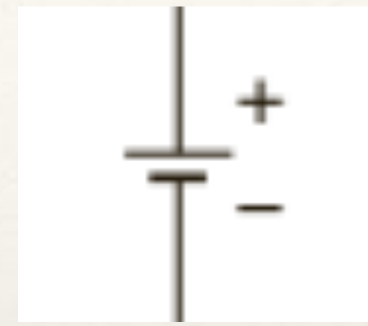


$$RI$$

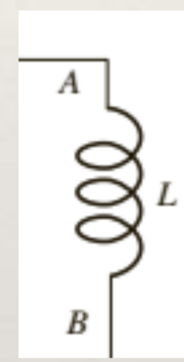
Auto inducción

Circuito con una inductancia y una resistencia

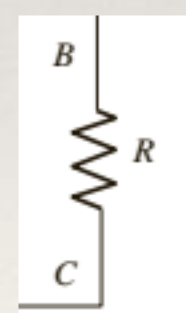




$$EMF = \varepsilon_0$$



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



$$RI$$

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

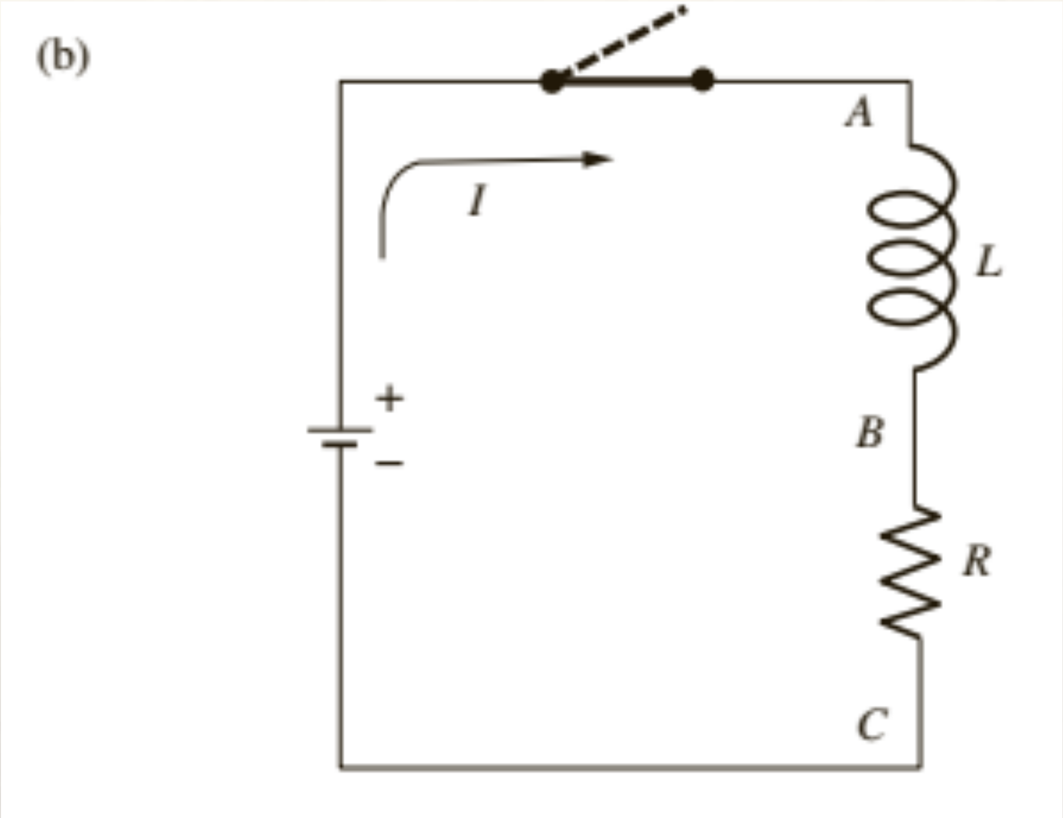
Auto inducción

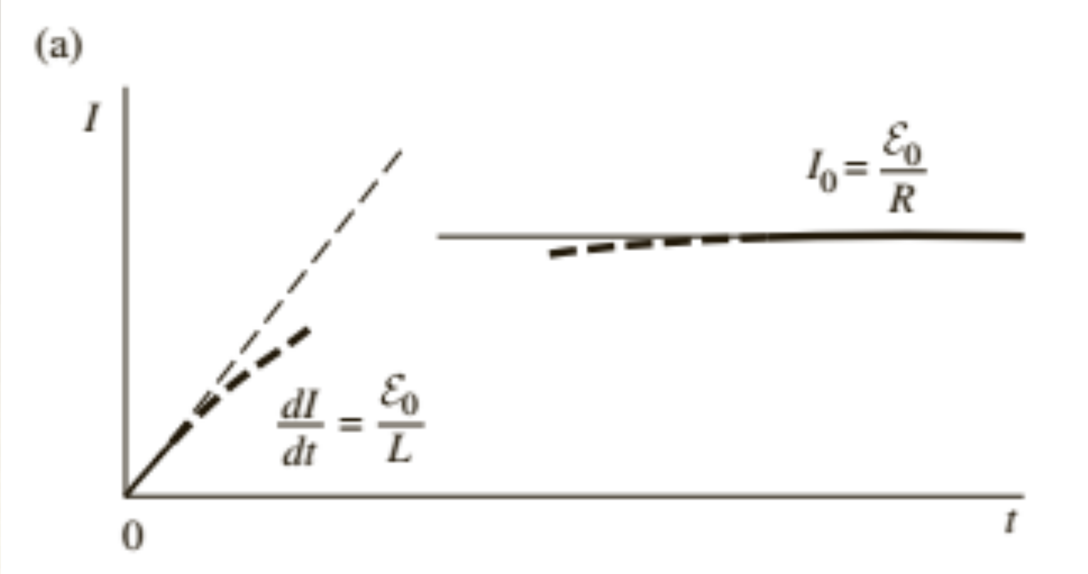
¿Cuál es la solución a esta ecuación?

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

1) Después de un tiempo muy largo $I=I_0$

$$\varepsilon_0 = RI_0$$





Auto inducción

¿Cuál es la solución a esta ecuación?

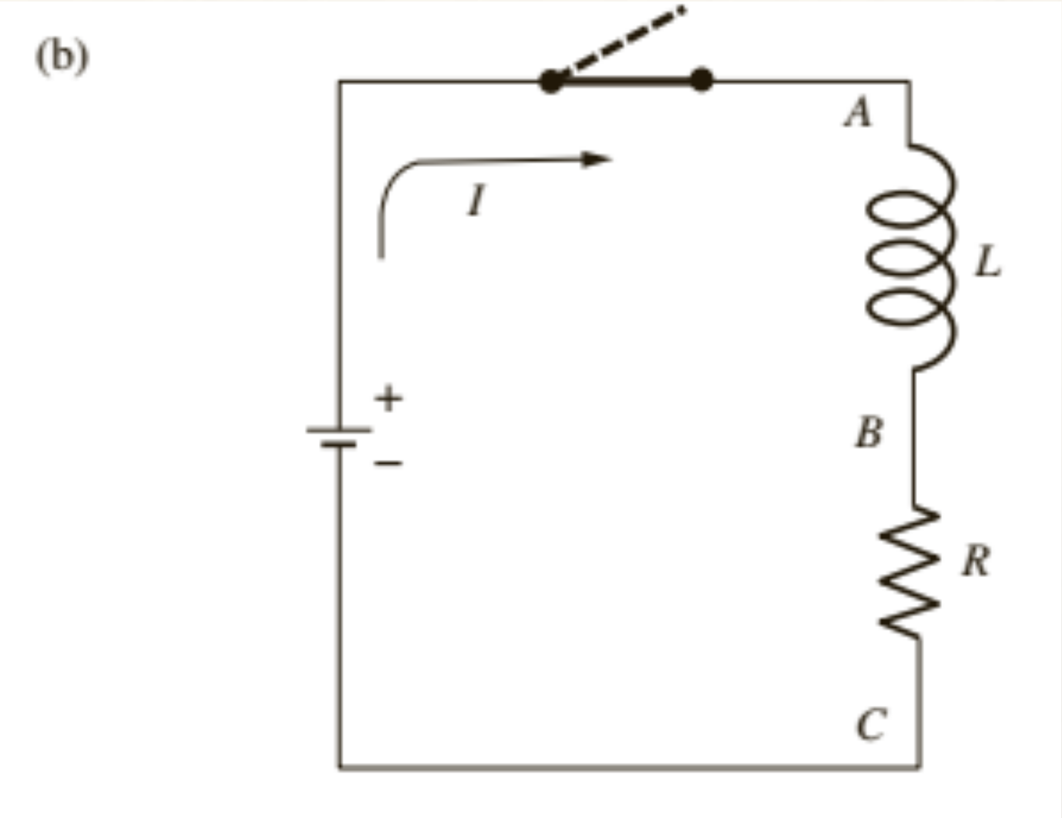
$$\varepsilon - L\frac{dI}{dt} = RI$$

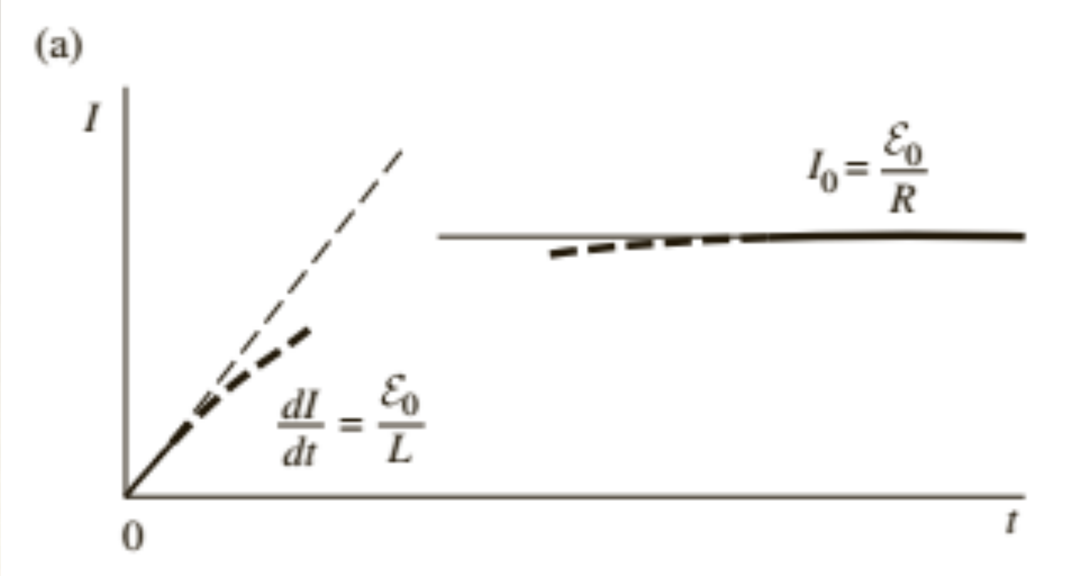
1) Después de un tiempo muy largo $I=I_0$

$$\varepsilon_0 = RI_0$$

2) Justo después de t=0 la corriente $I \sim 0$

$$\frac{dI}{dt} = \varepsilon_0 L$$

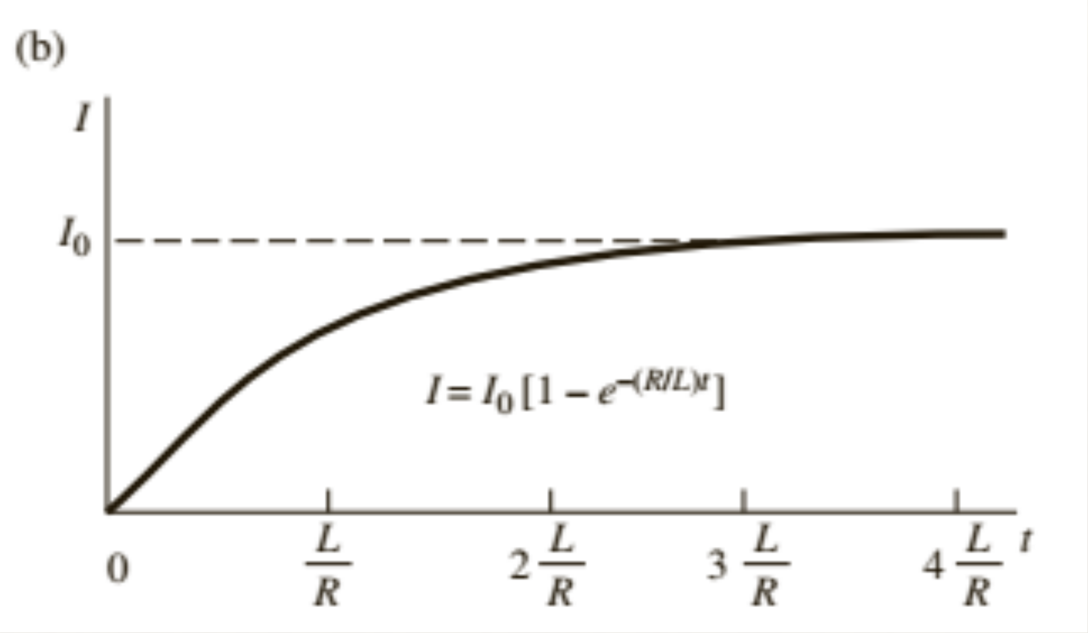




Auto inducción

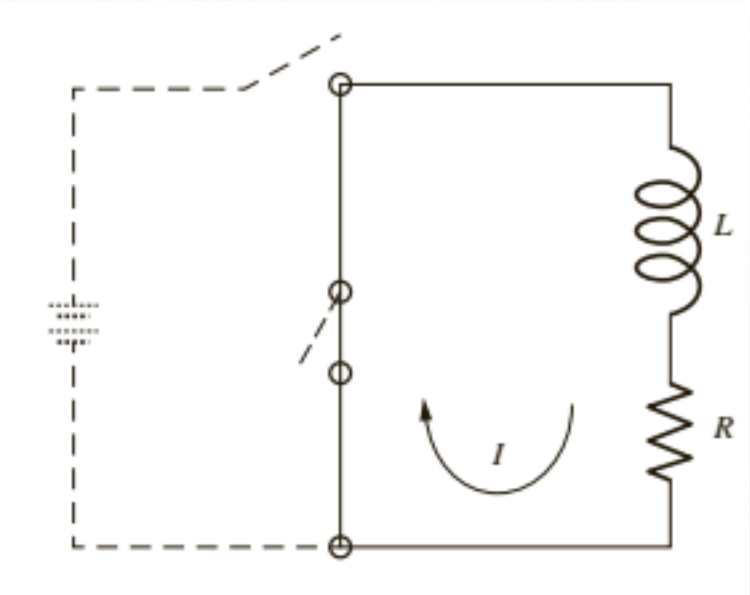
¿Cuál es la solución a esta ecuación?

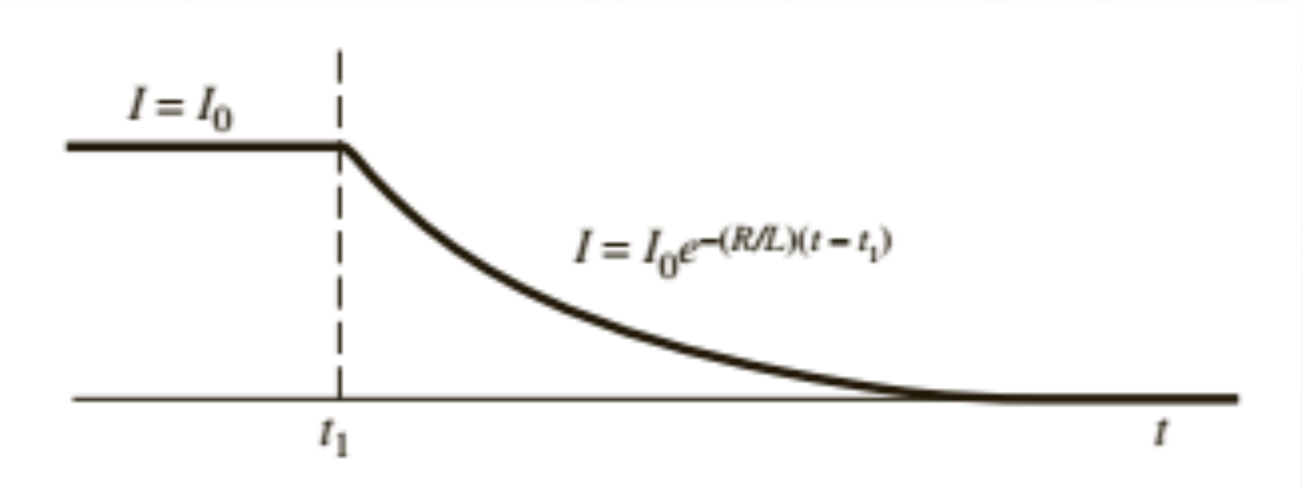
$$\varepsilon - L\frac{dI}{dt} = RI$$



$$\boxed{I(t) = \frac{\varepsilon_0}{R}\left(1 - e^{-R/L}t\right)}$$

Auto inducción





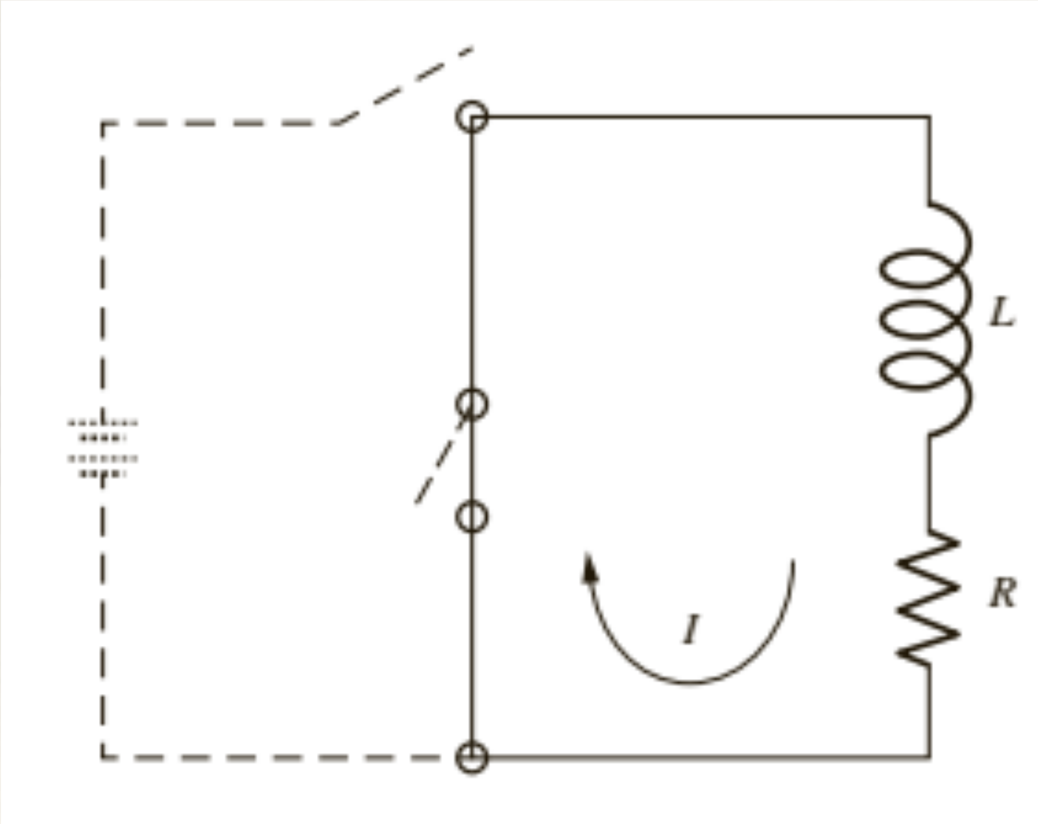
$$0 = L\frac{dI}{dt} + RI$$

$$\boxed{I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)}}$$

Energía en un campo magnético

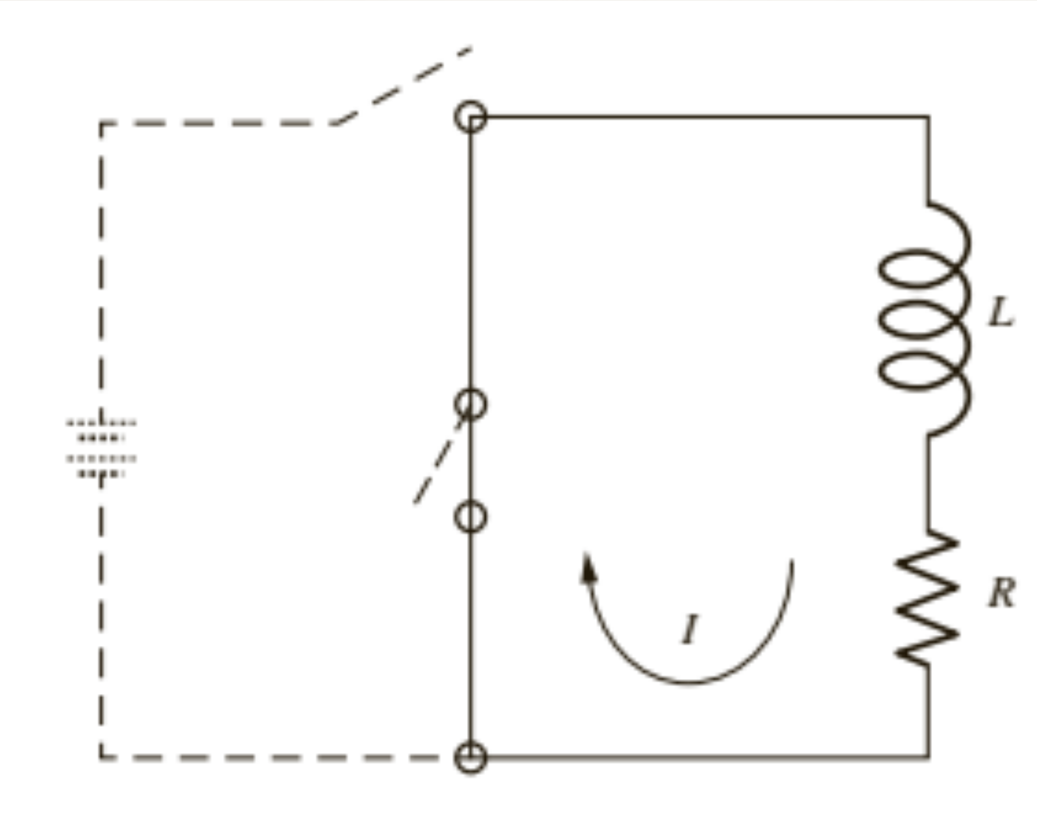
$$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)}$$

En el circuito se disipa energía
a travez de la resistencia.



Energía en un campo magnético

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)}$$

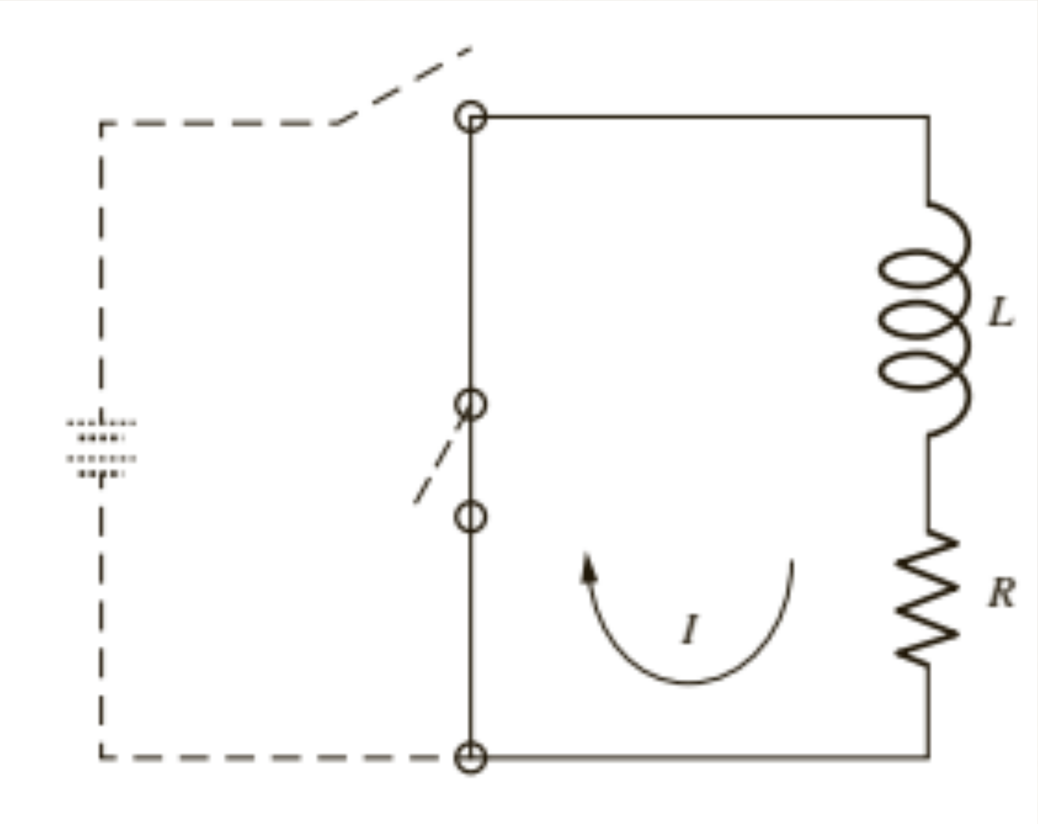


En el circuito se disipa energía
a travez de la resistencia.

$$\begin{aligned} U &= \int_{t_1}^{\infty} R I^2 dt \\ &= \int_{t_1}^{\infty} R I_0 e^{-\frac{2R}{L}(t-t_1)} dt \\ &= - R I_0^2 \left(\frac{L}{2R}\right) e^{-\frac{2R}{L}(t-t_1)}\Big|_{t_1}^{\infty} \\ &= \frac{1}{2} L I_0^2 \end{aligned}$$

Energía en un campo magnético

$$I(t) = I_0 e^{-\frac{R}{L}(t-t_1)}$$



$$U = \frac{1}{2} L I_0^2$$

Aplicaciones