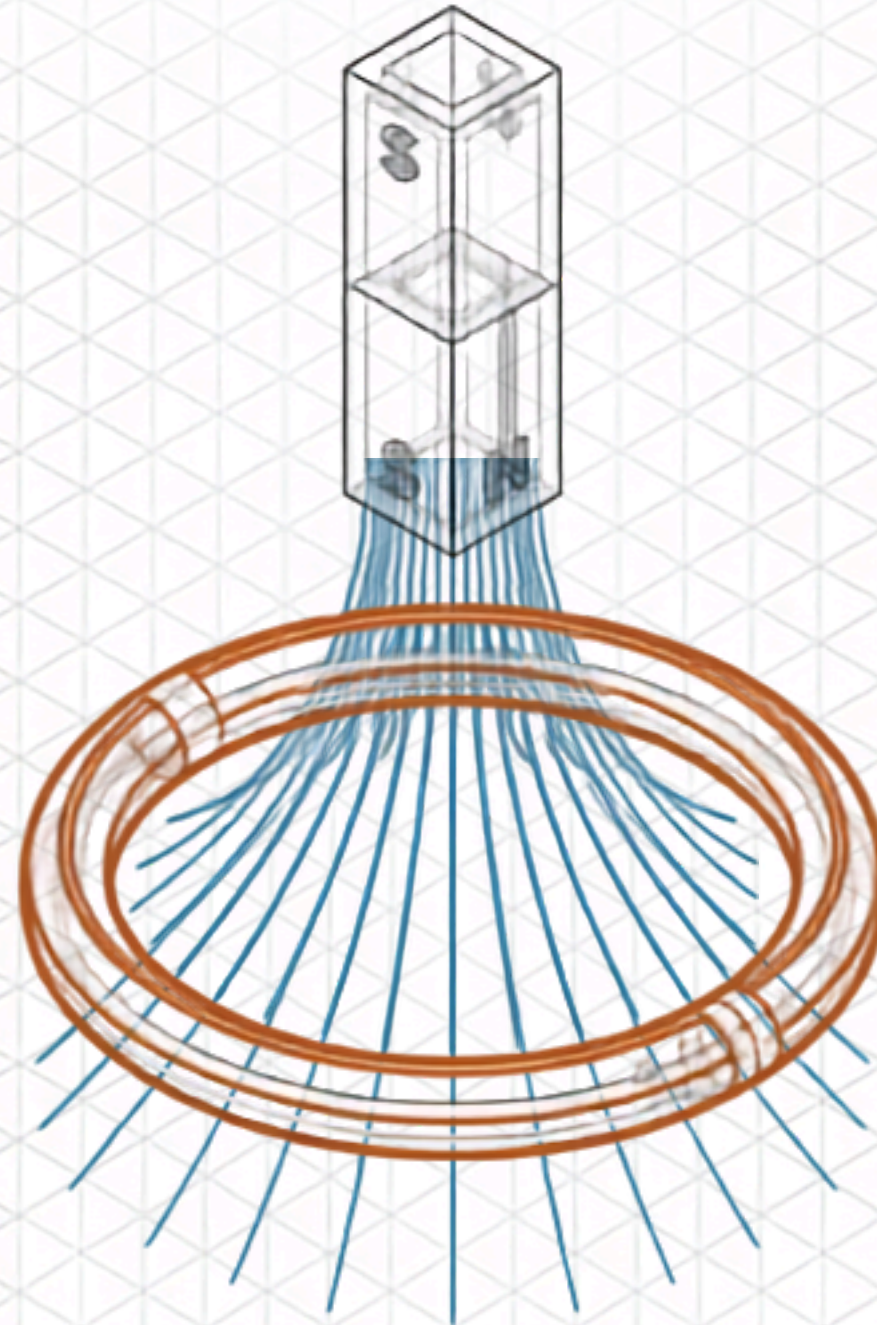
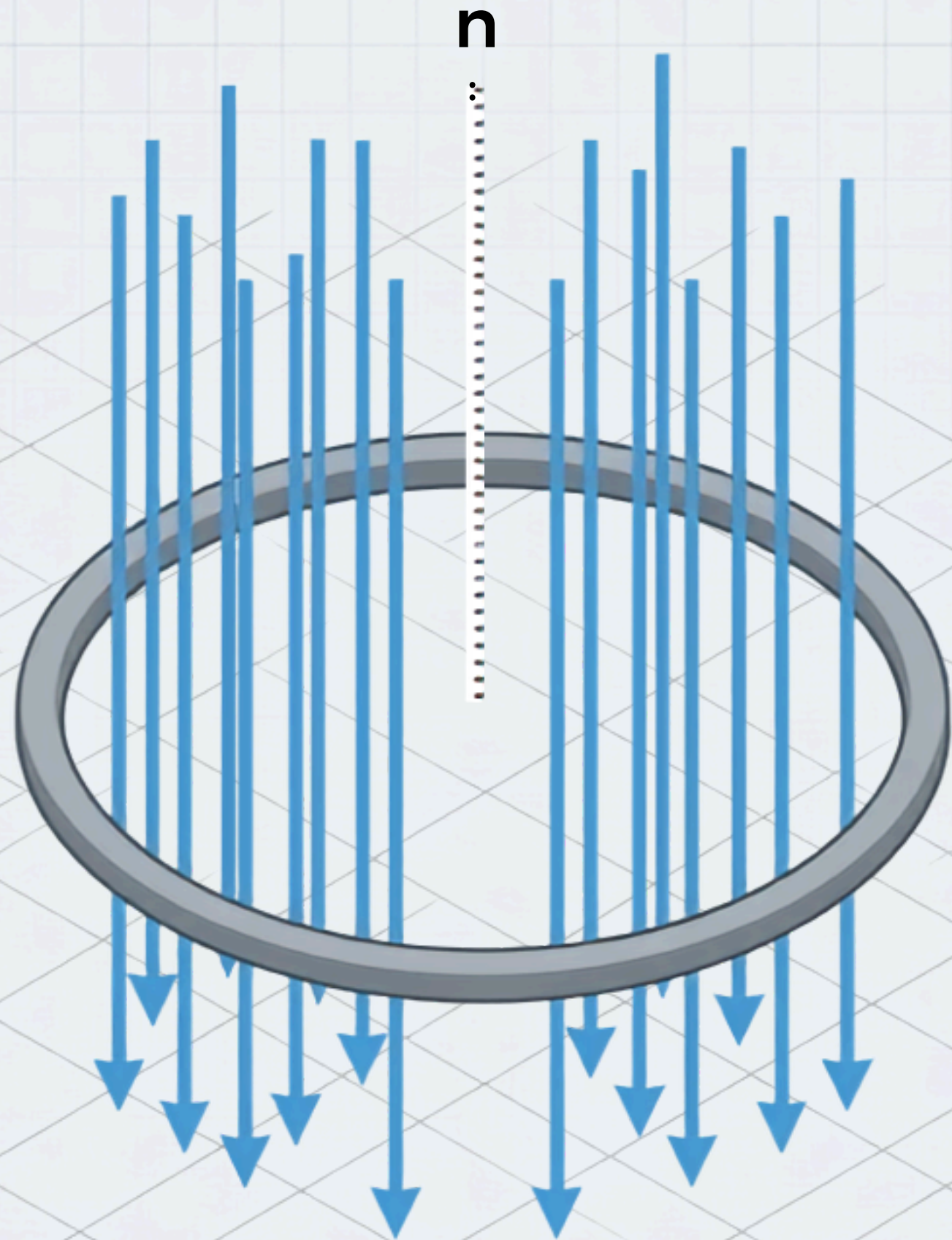


A Mecânica do Invisível

Indução Eletromagnética, Fluxo e a Lei de Lenz (Capítulo 15)

Fundamentos do Eletromagnetismo





A fundação do eletromagnetismo: O Fluxo Magnético

O que é?

A grandeza escalar que mede o número de linhas de indução que atravessam a área de uma espira.

A Equação:

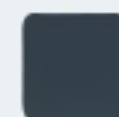
$$\Delta = B \cdot A \cdot \cos\theta$$

A Unidade (SI):

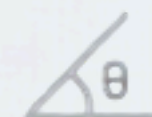
Weber (Wb)



B = Intensidade do Campo



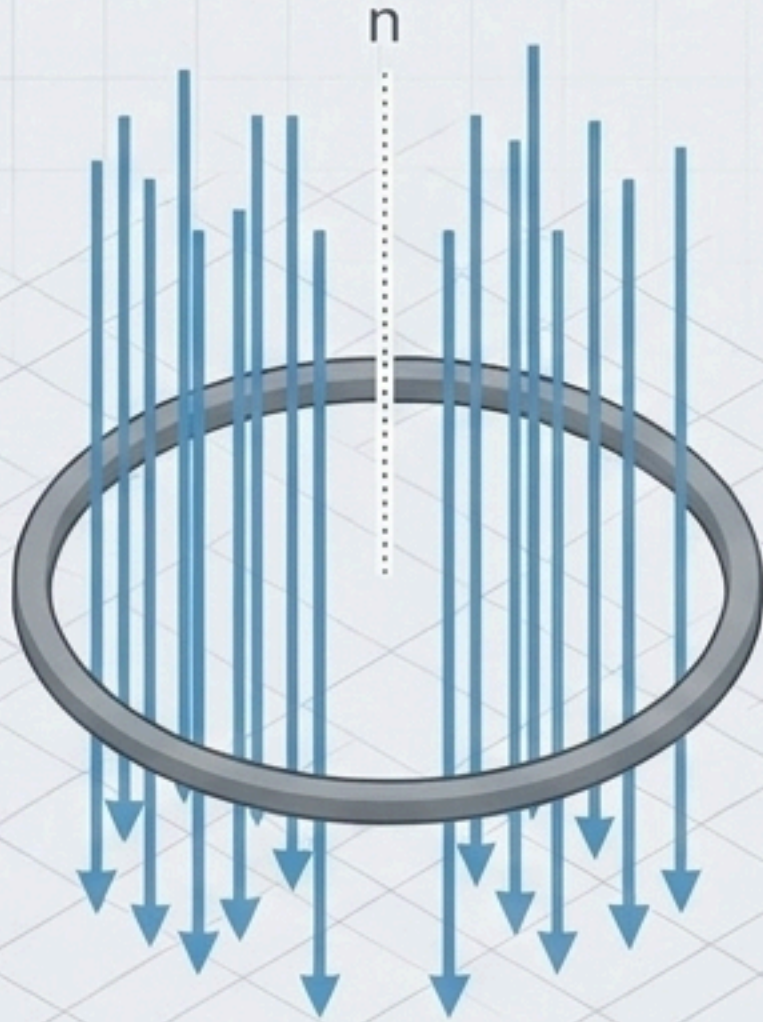
A = Área da Espira



$\hat{A}$ = Ângulo entre B e a Normal

A dependência geométrica do fluxo magnético

Fluxo Máximo

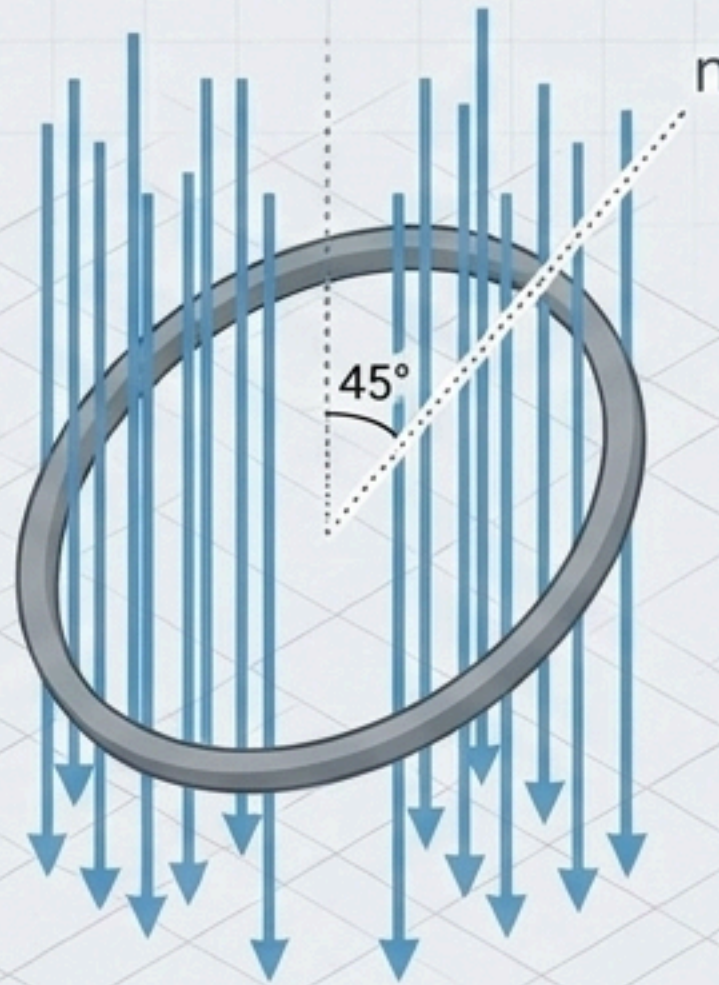


Condição: $\theta = 0^\circ \rightarrow \cos 0^\circ = 1$

Resultado: $\Phi = B \cdot A$

Todas as linhas atravessam.

Fluxo Parcial

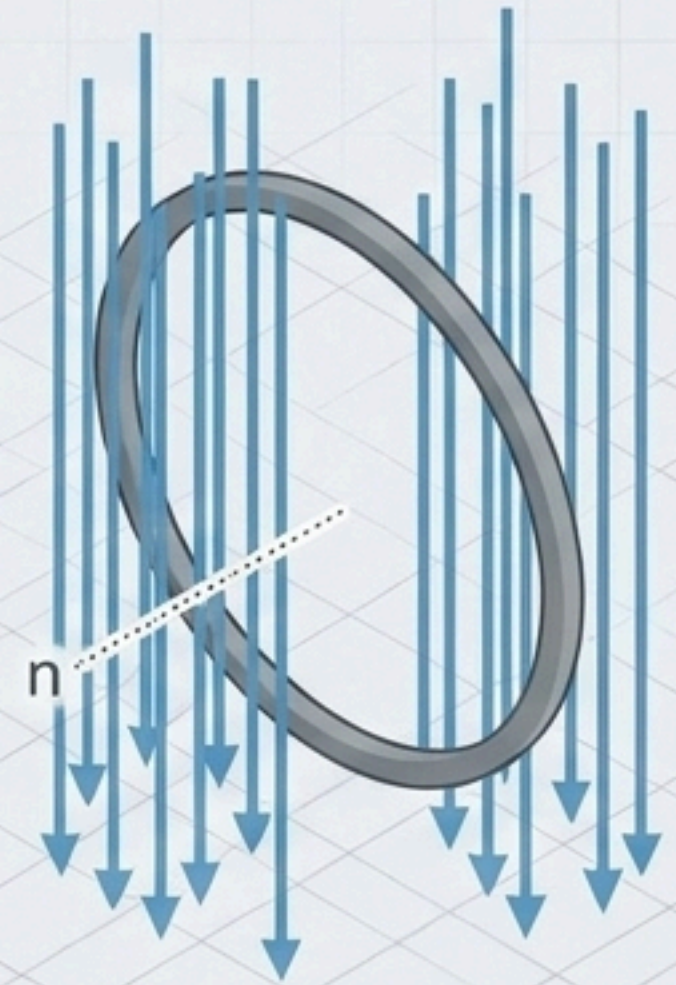


Condição: $0^\circ < \theta < 90^\circ$

Resultado: $\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$

Apenas uma fração atravessa.

Fluxo Nulo



Condição: $\theta = 90^\circ \rightarrow \cos 90^\circ = 0$

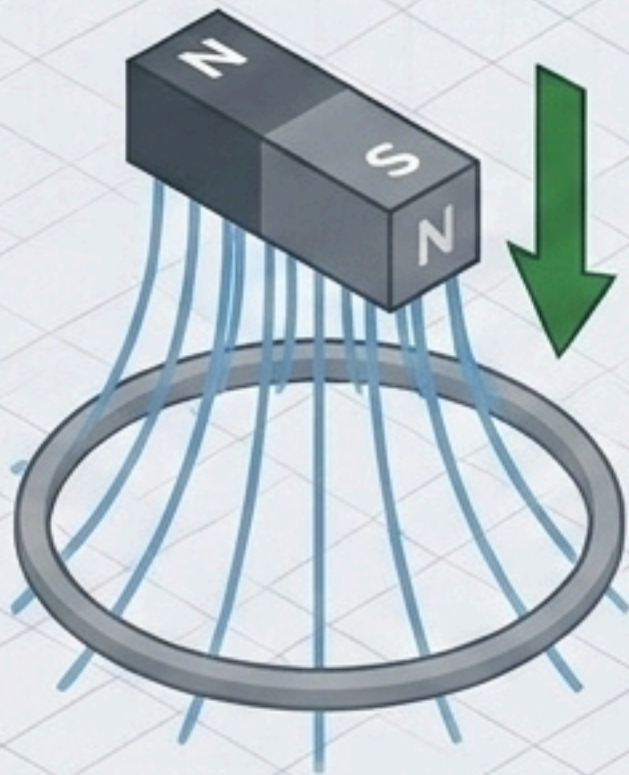
Resultado: $\Phi = 0$

Nenhuma linha atravessa.

Os três gatilhos físicos da indução eletromagnética

Para que o fenômeno ocorra, a fórmula $\Phi = B \cdot A \cdot \cos\theta$ deve sofrer alteração ao longo do tempo. Existem 3 caminhos mecânicos:

Variação de B



Variação de B

Aproximar ou afastar a fonte magnética.

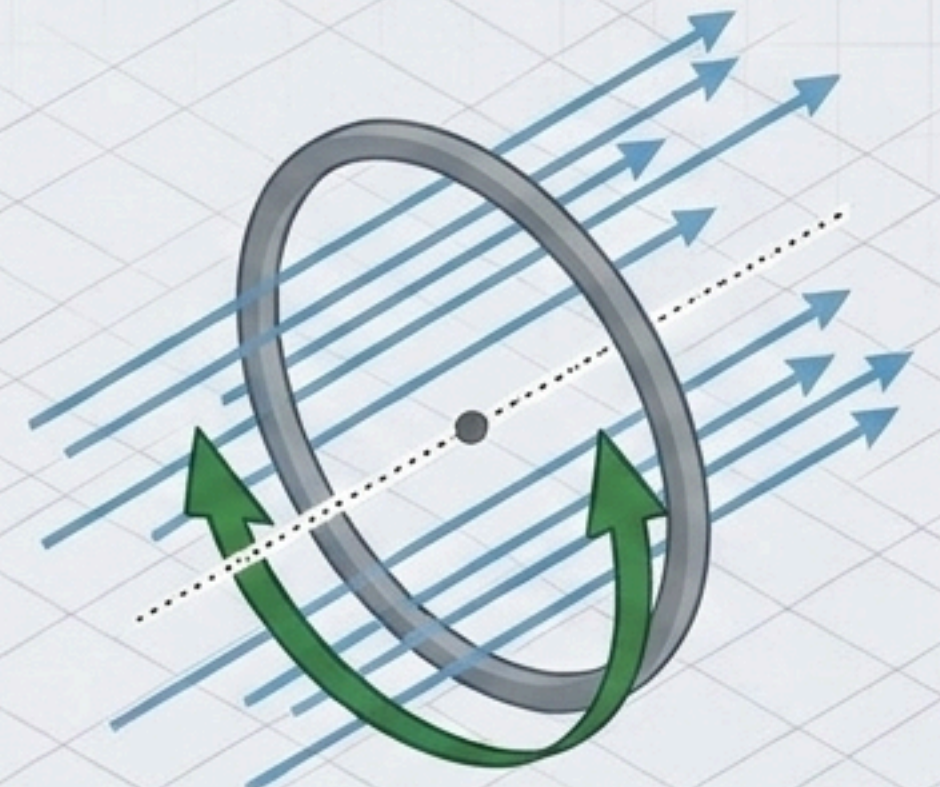
Variação de A



Variação de A

Alterar a área útil exposta ao campo.

Variação de θ

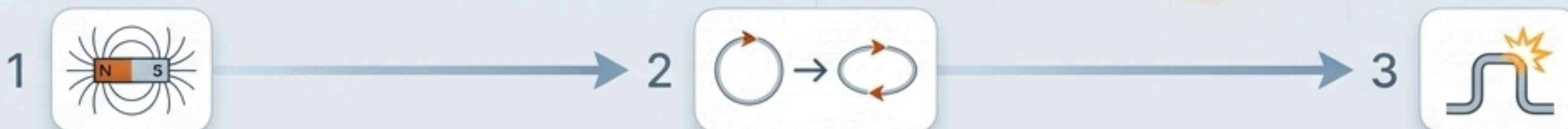
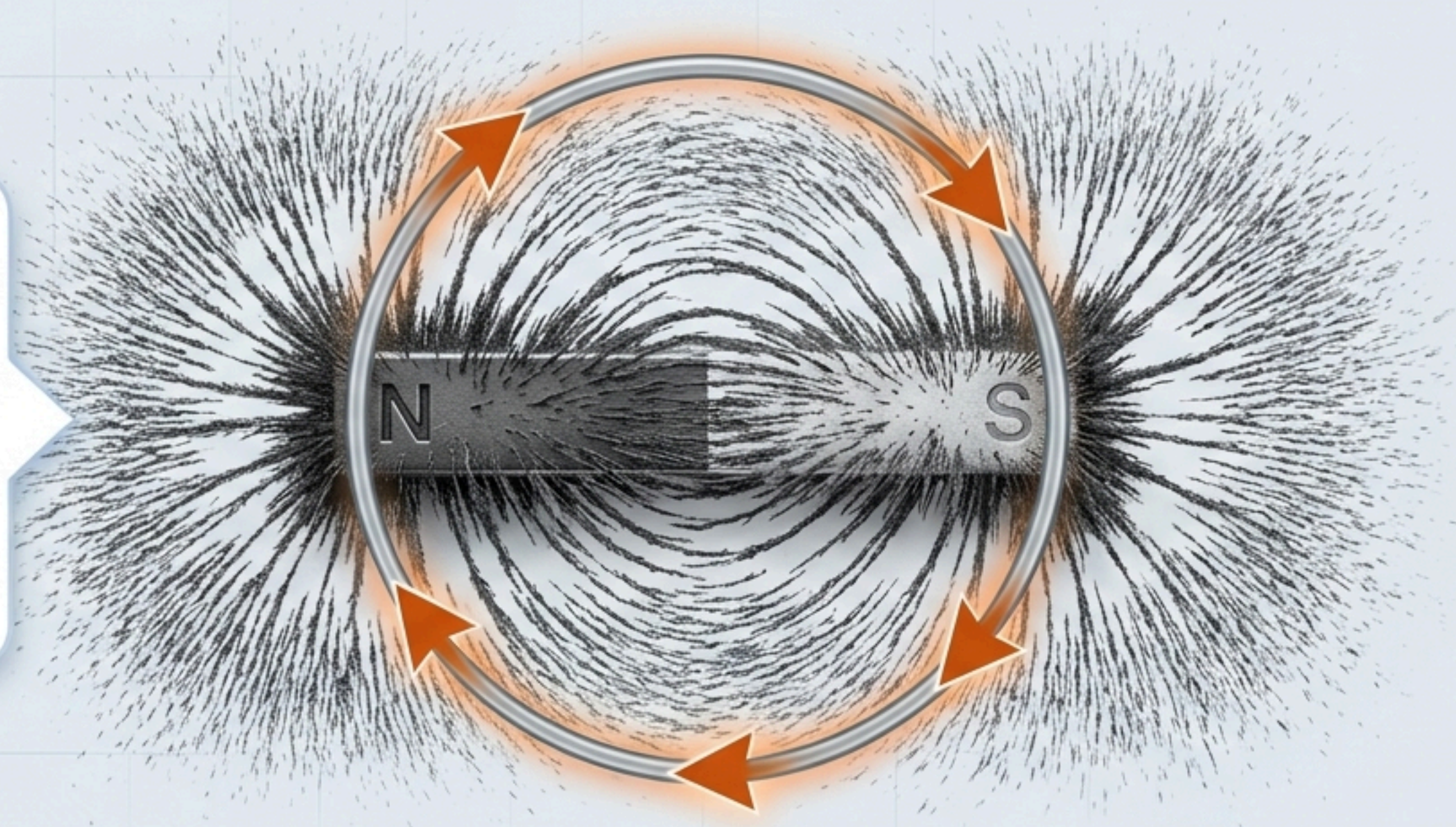


Variação de θ

Rotacionar a espira dentro de um campo constante.

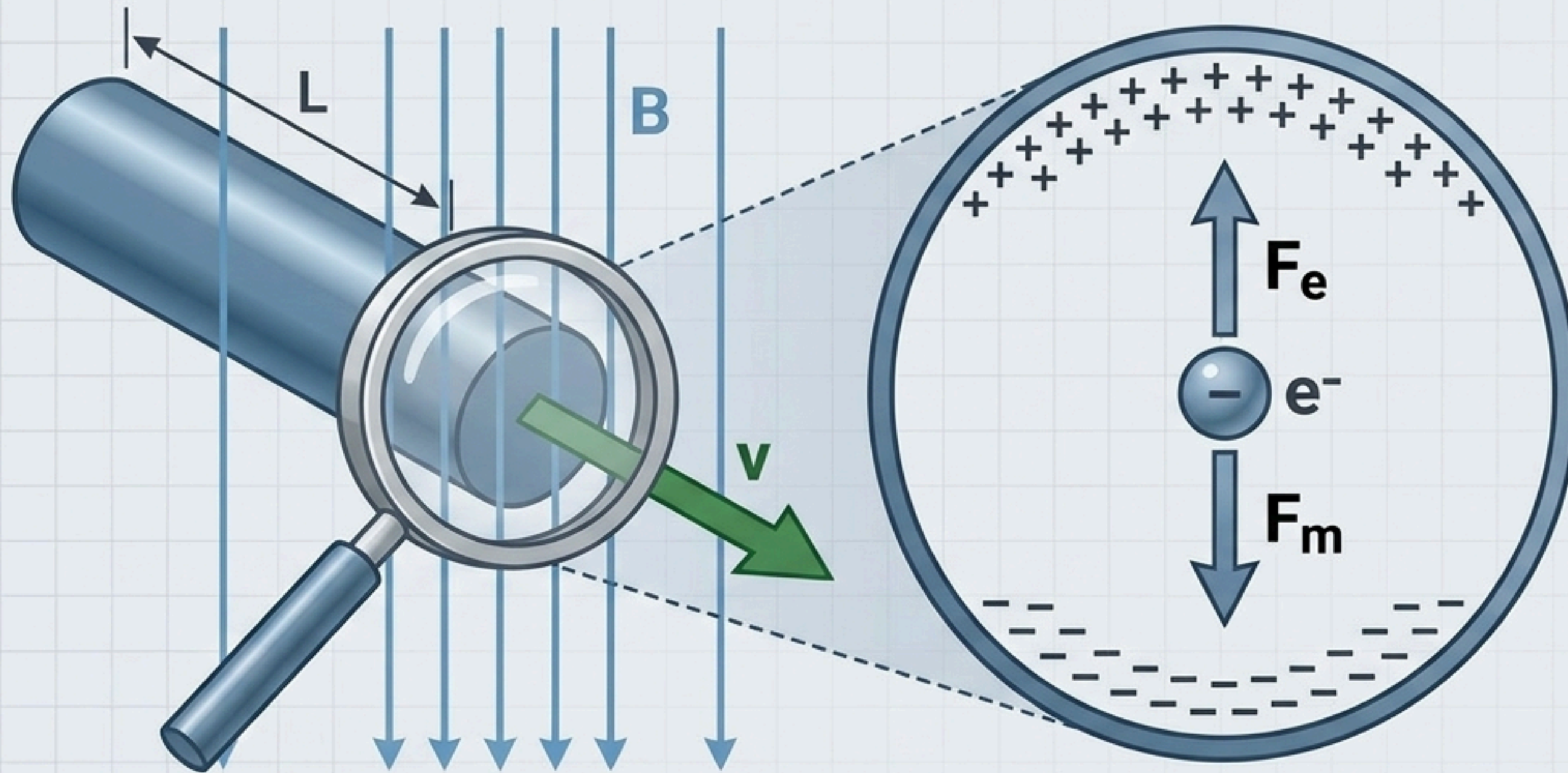
O Princípio de Faraday: Variação gera eletricidade

Toda vez que o fluxo magnético através de um circuito varia, surge nesse circuito uma Força Eletromotriz (FEM) induzida.



Se o circuito estiver fechado, a FEM induzida gera a corrente elétrica induzida

O motor invisível: Dissecação subatômica de um fio em movimento



1. Separação de cargas até:

$$F_m = F_e$$

2. O surgimento da ddp gera a Força Eletromotriz (e).

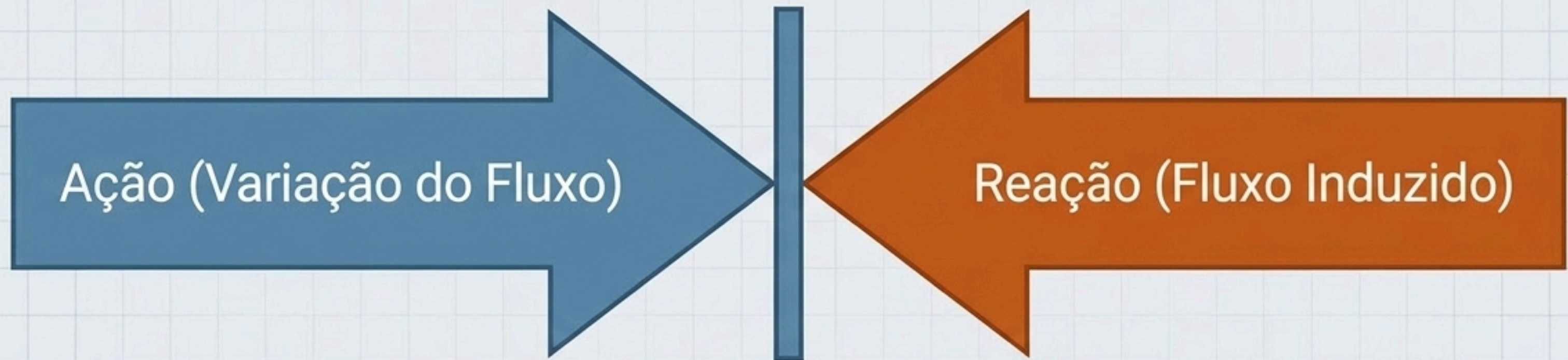
3. A Equação Final:

$$e = B \cdot L \cdot v$$

B = Campo, v = Velocidade, e = Força Eletromotriz

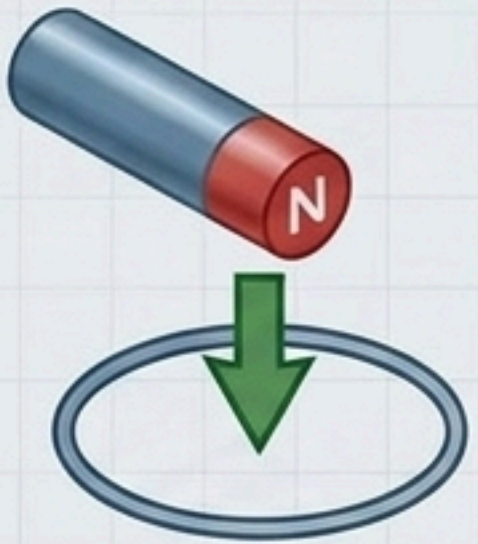
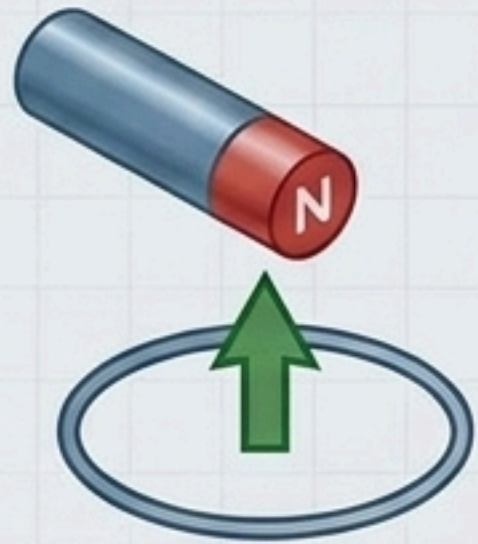
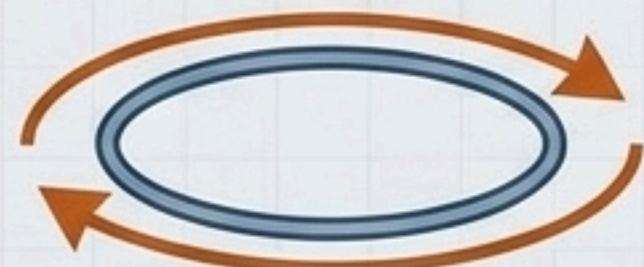
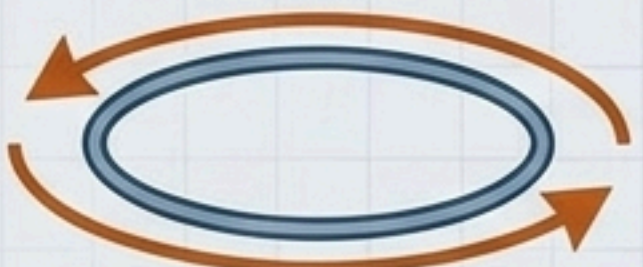
Lei de Lenz: O princípio universal da inércia e oposição

“O sentido da corrente induzida é tal que, por seus efeitos, opõe-se à causa que lhe deu origem.”



A espira age como um sistema resistente. Se o fluxo aumenta, ela trabalha para diminuí-lo. Se o fluxo diminui, ela trabalha para restaurá-lo.

Mapeamento diagnóstico: Aproximação vs. Afastamento

	Aproximação do Polo Norte	Afastamento do Polo Norte
Ação Fio		
Efeito no Fluxo	O fluxo AUMENTA.	O fluxo DIMINUI.
Reação de Lenz	Espira cria polo NORTE para REPELIR o ímã.	Espira cria polo SUL para ATRAIR o ímã.
Sentido da Corrente	Anti-horário 	Horário 

A Síntese Matemática: Lei de Faraday-Neumann

Força Eletromotriz Induzida

O “Motor” gerado no circuito.

Variação do Fluxo no Tempo

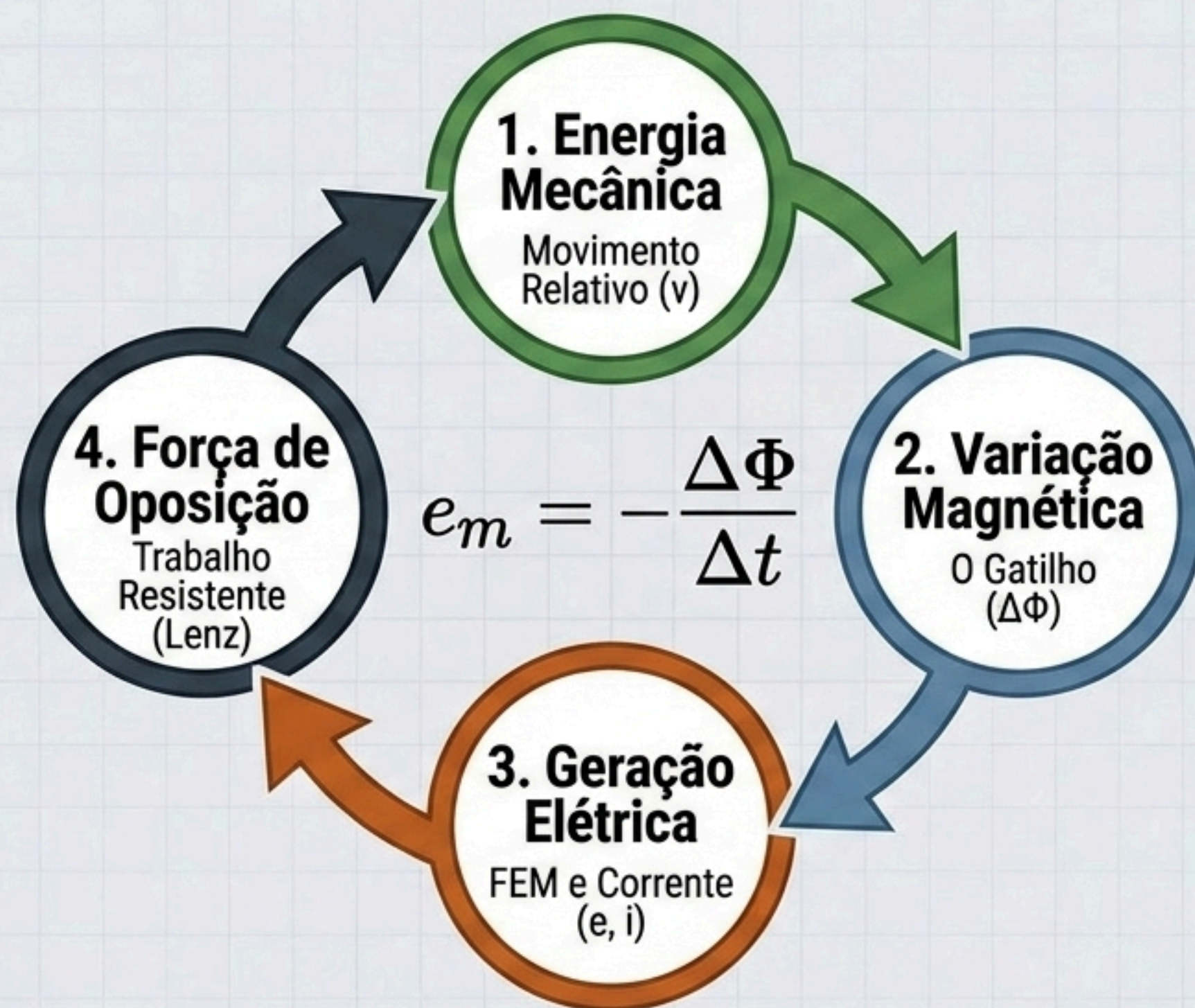
A “Causa” original, o gatilho mecânico descoberto por Faraday.

$$e_m = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

A Lei de Lenz

Este não é apenas um operador matemático. É a representação algébrica da inércia magnética. Indica a oposição e a conservação de energia da natureza.

O Ciclo da Indução Eletromagnética



A energia elétrica gerada não surge do nada; ela é o resultado direto do trabalho realizado contra as forças de inércia magnética, preservando a Lei da Conservação da Energia.