Assuntos abordados

- Breve revisão:
  - Eqs. De Maxwell: oscilação em baixa frequência;
  - Forma integral da 3ª. Eq. de Maxwell: Lei de Faraday;
- Lei de Lenz;
- Exemplos;

Recapitulando pontos chave

- As Eqs. de Maxwell:

$$
\begin{cases}
\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J} + \dfrac{\partial \vec{D}(t)}{\partial t} & (1) \quad \rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{H} = \sigma \cdot \vec{E} + \varepsilon \cdot \dfrac{\partial \vec{E}(t)}{\partial t} \\[2ex]
\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 & (2) \quad \rightarrow \vec{\nabla} \cdot \vec{H} = 0 \\[2ex]
\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\dfrac{\partial \vec{B}(t)}{\partial t} & (3) \quad \rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \cdot \dfrac{\partial \vec{H}(t)}{\partial t} \\[2ex]
\vec{\nabla} \cdot \vec{D} = \rho_v & (4) \quad \rightarrow \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \dfrac{\rho_v}{\varepsilon}
\end{cases}
$$

- Relações constitutivas:

$$
\begin{cases}
\vec{D} = \varepsilon \cdot \vec{E} \\[2ex]
\vec{B} = \mu \cdot \vec{H} \\[2ex]
\vec{J} = \sigma \cdot \vec{E}
\end{cases}
$$

$\vec{E}$: *campo elétrico*;

$\vec{D}$: *densidade de campo elétrico*;

ε: *permissividade elétrica*;

$\vec{H}$: *campo magnético*;

$\vec{B}$: *densidade de campo magnético*;

μ: *permeabilidade magnética*;

$\vec{J}$: *densidade de corrente*;

σ: *condutividade elétrica*;

ρ_v: *densidade volumétrica de cargas*;

Forma integral da 3ª Eq. de Maxwell

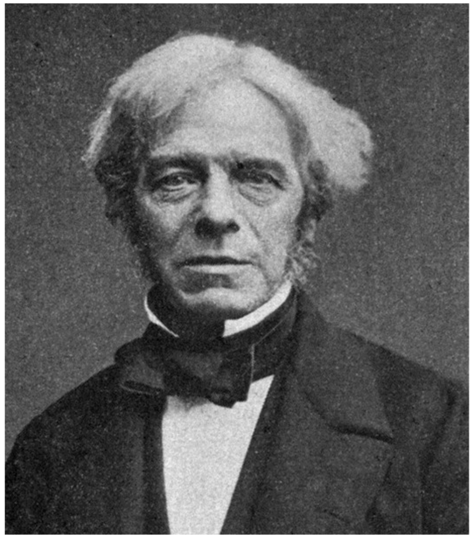
- Terceira eq. de Maxwell: $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \cdot \frac{\partial \vec{H}(t)}{\partial t}$
- Teorema de Stokes: $\int_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{A}(x,y,z)\right] \cdot \overrightarrow{dS} \equiv \oint_l \vec{A}(x,y,z) \cdot \overrightarrow{dl}$
- Integrando sobre uma superfície aberta (fluxo):

$$\int_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{E}(\dots)\right] \cdot \overrightarrow{dS} = \int_S -\frac{\partial \vec{B}(t)}{\partial t} \cdot \overrightarrow{dS}$$

- Substituindo a identidade de Stokes:

$$\oint_l \vec{E}(\dots) \cdot \overrightarrow{dl} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \vec{B}(t) \cdot \overrightarrow{dS} \rightarrow \boxed{V_i = -\frac{\partial \Phi(t)}{\partial t}}$$

(Lei de Faraday)



(Michael Faraday)

Forma integral da 3ª Eq. de Maxwell

- Terceira eq. de Maxwell: $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \cdot \frac{\partial \vec{H}(t)}{\partial t}$
- Teorema de Stokes: $\int_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{A}(x,y,z)\right] \cdot \overrightarrow{dS} \equiv \oint_l \vec{A}(x,y,z) \cdot \overrightarrow{dl}$
- Integrando sobre uma superfície aberta (fluxo):

$$\int_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{E}(\dots)\right] \cdot \overrightarrow{dS} = \int_S -\frac{\partial \vec{B}(t)}{\partial t} \cdot \overrightarrow{dS}$$

- Substituindo a identidade de Stokes:

$$\oint_l \vec{E}(\dots) \cdot \overrightarrow{dl} = -\frac{\partial}{\partial t}\int_S \vec{B}(t) \cdot \overrightarrow{dS} \rightarrow \boxed{V_i = -\frac{\partial \Phi(t)}{\partial t}}$$

(Lei de Faraday)

(Franz Neumann)

- Terceira eq. de Maxwell: $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu \cdot \frac{\partial \vec{H}(t)}{\partial t}$
- Teorema de Stokes: $\int_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{A}(x,y,z)\right] \cdot \overrightarrow{dS} \equiv \oint_l \vec{A}(x,y,z) \cdot \overrightarrow{dl}$
- Integrando sobre uma superfície aberta (fluxo):

$$\int_S \left[\vec{\nabla} \times \vec{E}(\dots)\right] \cdot \overrightarrow{dS} = \int_S -\frac{\partial \vec{B}(t)}{\partial t} \cdot \overrightarrow{dS}$$

- Substituindo a identidade de Stokes:

$$\oint_l \vec{E}(\dots) \cdot \overrightarrow{dl} = -\frac{\partial}{\partial t}\int_S \vec{B}(t) \cdot \overrightarrow{dS} \rightarrow \boxed{V_i = -\frac{\partial \Phi(t)}{\partial t}}$$

(Lei de Faraday)

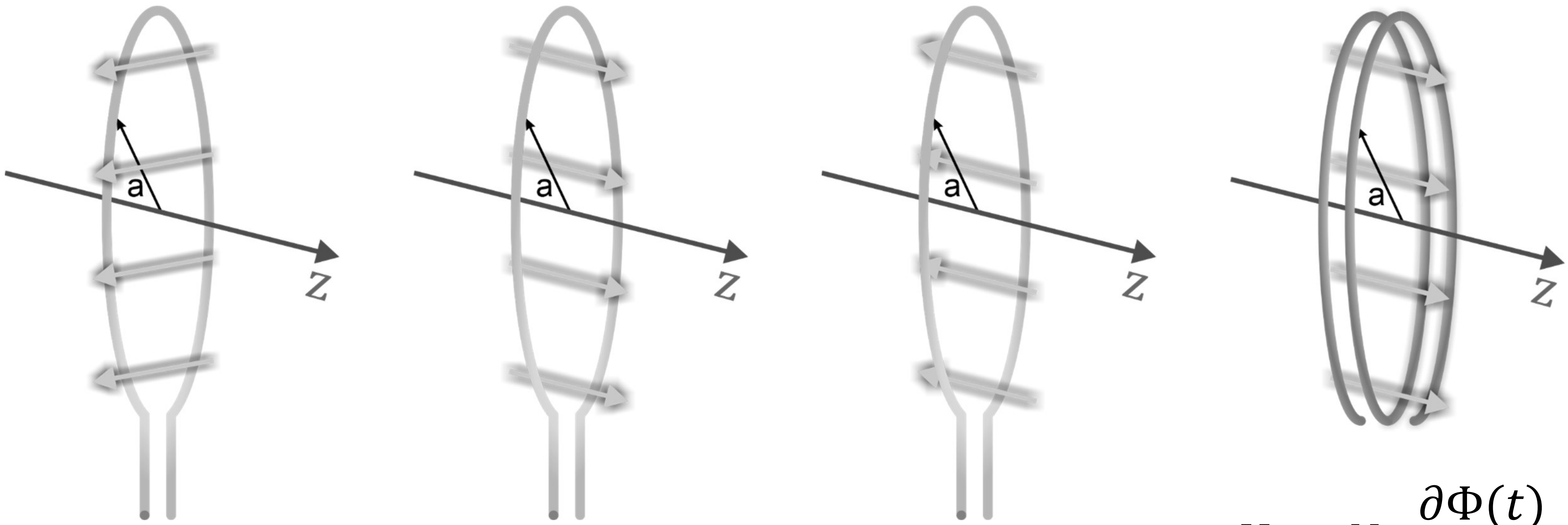
(Friedrich Lenz)

Lei de Lenz

I. Se o fluxo magnético através de uma bobina <u>cresce</u> com o tempo $\left(\frac{\partial\Phi(t)}{\partial t} > 0\right)$, o sentido de circulação da corrente induzida na bobina deve ser tal que o campo magnético induzido se <u>oponha</u> ao campo magnético indutor;

II. Se o fluxo magnético através de uma bobina <u>decresce</u> com o tempo $\left(\frac{\partial\Phi(t)}{\partial t} < 0\right)$, o sentido de circulação da corrente induzida na bobina deve ser tal que o campo magnético induzido se <u>some</u> ao campo magnético indutor;

Aplicação da Lei de Faraday



$$V_i = N \cdot \frac{\partial \Phi(t)}{\partial t}$$