Lei de Faraday

A lei de Faraday nos mostra que variações do campo magnético são capazes de produzir uma força eletromotriz e, portanto, campo elétrico.
Essa lei foi o primeiro passo em unificar a eletricidade e o magnetismo, uma vez que nos mostra uma outra fonte para gerar campos elétricos além de distribuições de cargas – os campos magnéticos.

Para compreendermos a lei de Faraday em sua totalidade, vamos olhá-la à luz das equações de Maxwell, onde ela está contida

As leis de Maxwell:

(i) $\oint \vec{E} \cdot \vec{da} = \frac{q_{enc}}{\varepsilon_0}$ ou $\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$

Aplicando o Teorema do Divergente / (Green), fica: $\oint_S \vec{T} \cdot \vec{da} = \int_V (\vec{\nabla} \cdot \vec{T}) dv$

$q_{enc} = \int_V \frac{\rho}{\varepsilon_0} dv$

$\oint_S \vec{E} \cdot \vec{da} = \int_V (\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) \cdot dv \Rightarrow \int_V \frac{\rho}{\varepsilon_0} dv = \int_V (\vec{\nabla} \cdot \vec{E}) dv \Rightarrow \frac{\rho}{\varepsilon_0} \int dv =$

$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} \cdot \int_V dv \Rightarrow \vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ //

(ii) $\oint \vec{B} \cdot \vec{da} = 0$ ou $\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$ (Não existe monopolo magnético)

(iii) $\oint \vec{E} \cdot \vec{dl} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \vec{da}$ ou $\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Aplicando o Teorema do Rotacional (Stokes): $\oint_C \vec{T} \cdot \vec{dl} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{T}) \vec{da}$

$\oint_C \vec{E} \cdot \vec{dl} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \vec{da}$, fica:

$\int_S (\vec{\nabla} \times \vec{E}) \vec{da} = -\int \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \vec{da} \Rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{E} \int \vec{da} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \int \vec{da} \Rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

(iv) $\oint_C \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I_{enc}$ ou $\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}$

Aplicando o Teorema do Divergente (Green) $\oint_C \vec{T} \cdot \vec{dl} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{T}) \vec{da}$

Temos que $I_{nc} = \int_S \vec{J} \cdot \vec{da}$ e portanto: $\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 \int_S \vec{J} \cdot \vec{da}$

$$\oint \vec{B} \cdot \vec{dl} = \int_S (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \vec{da}$$

$$\int (\vec{\nabla} \times \vec{B}) \vec{da} = \mu_0 \int \vec{J} \cdot \vec{da} \Rightarrow \vec{\nabla} \times \vec{B} \int \vec{da} = \mu_0 \vec{J} \int \vec{da}$$

$$\boxed{\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J}}$$

A 1ª lei diz que a distribuição de cargas gera campo elétrico e a 4ª lei diz que uma corrente elétrica gera campo magnético (Ambos em regimes estacionários)

A 2ª lei diz não existe monopolo magnético

A 3ª lei que é a de Faraday mostra claramente que a variação do campo magnético gera um campo elétrico, mas não diz nada sobre se variarmos um campo elétrico. Teremos um campo magnético (o inverso), portanto, Maxwell em um trabalho brilhante corrigiu a 4ª lei (Ampere) para resolver essa questão e manter a simetria das equações.

Vejamos que o termo $\mu_0 \varepsilon_0 \int \frac{\partial \vec{E}}{\partial T} \vec{da}$ é chamado de corrente de deslocamento, mas de corrente esse termo não tem nada, David Griffiths, o chama de termo com nome enganoso.

Portanto na forma integral a 4ª lei de Maxwell-Ampere, fica:

$$\int \vec{B} \cdot \vec{dl} = \mu_0 I_{nc} + \mu_0 \varepsilon_0 \int \left(\frac{\partial \vec{E}}{\partial T} \right) \vec{da}$$ e na forma diferencial:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial T}$$

Essa corrente de deslocamento é de difícil detecção em laboratório, pois ela aparece até o sistema entrar em regime estacionário (fluxo constante de elétrons) e isso é muito rápido, por isso acredito não tenha percebido.