Resumo Fisica 4 Primeira Unidade

Henrique da Silva
hpsilva@proton.me

3 de julho de 2022

Sumário

1 Primeira Eq. de Maxwell

Essa equacao vem da lei de Gauss e diz que o fluxo eletrico eh dado pela seguinte equacao:

$$\oint \vec{E} * d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} \tag{1}$$

Na qual $\vec{E}$ eh o campo eletrico, q eh a quantidade de carga envolvida, ϵ_0 eh a permeabilidade do espaco vacuo e $d\vec{A}$ eh a area da superficie.

Se o campo eletrico for constante sobre a superficie entao podemos dizer que:

$$E * A = \frac{q}{\epsilon_0} \tag{2}$$

E tambem que:

$$E = \frac{V}{d} \tag{3}$$

Este ultimo eh especialmente importante em questoes de corrente de conducao

E tambem que:

$$Capacitancia = \frac{\epsilon_0 * A}{d} \tag{4}$$

E tambem que:

$$E = \frac{\rho * I}{A} \tag{5}$$

2 Segunda Eq. de Maxwell

Essa tambem eh uma forma da lei de Gauss mas para o fluxo magnetico, e eh dada por:

$$\oint \vec{B} * d\vec{A} = 0 \tag{6}$$

Na qual $\vec{B}$ eh o campo magnetico, $d\vec{A}$ eh a area da superficie.

E tem que necessariamente ser igual a zero *em superficies fechadas* ja que o fluxo magnetico deve sempre sair por um polo e inteiramente voltar pela outro

Vale tambem lembrar que o fluxo magnetico:

$$\phi_B = B * A \cos\theta \tag{7}$$

E tambem que o campo magnetico para fios carregando corrente eh dado por:

$$B = \frac{\mu_0 * I}{2 * \pi * r} \tag{8}$$

Lembrando que a corrente I eh simplesmente o fluxo eletrico variando no tempo:

$$I = \frac{\mathrm{d}\phi_E}{\mathrm{d}t} \tag{9}$$

3 Terceira Eq. de Maxwell

Essa tem a ver com a lei de Faraday sobre inducao, porem um pouco diferente.

A lei como tinhamos visto era dada por:

$$\varepsilon = -\frac{\mathrm{d}\phi_B}{\mathrm{d}t} \tag{10}$$

No qual ε eh a forca eletromotriz, $d\phi_B$ eh a mudanca no fluxo magnetico, e dt eh a mudanca no tempo

A lei de Faraday diz que um campo magnetico que muda com o tempo vai induzir uma forca eletromotriz em um fio enrolado

A versao de Maxwell eh mais geral, simplificando a lei de Faraday

$$\oint \vec{E} * \vec{ds} = -\frac{\mathrm{d}\phi_B}{\mathrm{d}t} \tag{11}$$

Na qual $\vec{E}$ eh o campo eletrico, $\vec{ds}$ eh um elemento infinitesimal do loop fechado, $d\phi_B$ eh a mudanca do fluxo magnetico, e dt eh a mudanca no tempo

Com essa equacao Maxwell mostra a relacao de um campo magnetico que muda no tempo e de uma forca eletrica induzida

4 Quarta Eq. de Maxwell

Essa tem a ver com a lei de Ampere que diz que uma corrente que passa por um fio induz um campo magnetico ao redor do caminho ao redor do fio. A lei de Ampere como tinhamos visto era dada por:

$$\oint \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * I_{enc} \tag{12}$$

No qual $\vec{B}$ eh o campo magnetico, $\vec{ds}$ um pedaco infinitesimal do elemento do loop fechado, μ_0 eh a permeabilidade do espaco para campos magneticos e finalmente, I eh a corrente

Eh importante lembrar que I_{enc} eh a corrente dentro do loop fechado $\vec{ds}$, entao se for dado o fluxo total de um capacitor por exemplo. O fluxo que vamos considerar eh apenas o fluxo que esta dentra da superficie definida pelo loop fechado $\vec{ds}$

O problema eh que ha uma geracao de campo magnetico induzido por uma descarga entre capacitores, onde nao ha fio nenhum conectando-os

Maxwell resolveu isso pensando em algo que chamou de I_D, uma corrente de deslocamento, que na verdade nao eh exatamente uma corrente eletrica, mas eh apenas a mudanca das cargas dos capacitores no tempo, assim obtendo:

$$\int \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * (I + I_D) \tag{13}$$

Com o I_D sendo igual a mudanca do fluxo eletrico no tempo, ou seja, a carga que passa de um capacitor para o outro, e assim nosso I_D eh:

$$I_D = \epsilon_0 * \frac{\mathrm{d}\phi_E}{\mathrm{d}t} \tag{14}$$

Com ϵ_0 a permeabilidade do espaco para campos electricos, e $\frac{\mathrm{d}\phi_E}{\mathrm{d}t}$ a mudanca do fluxo eletrico no tempo

Que finalmente nos da a forma integral da quarta equacao de Maxwell:

$$\int \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * I + \mu_0 * \epsilon_0 * \frac{\mathrm{d}\phi_E}{\mathrm{d}t} \tag{15}$$

5 Velocidade de propagacao

$$v = \frac{E}{B} = c \tag{16}$$

Na qual E eh o campo eletrico, B eh o campo magnetico, v eh a velocidade de propagacao e c eh a velocidade da luz

Que pode ser simplificada em:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 * \mu_0}} = c \tag{17}$$

com ϵ_0 a permeabilidade do espaco para campos electricos, e μ_0 a permeabilidade do espaco para campos magneticos, v a velocidade de propagacao da onde, e c a velocidade da luz

Tambem temos que ha uma relacao entre frequencia, comprimento de onda e velocidade de propagacao, e eh dado por:

$$v = f * \lambda = c \tag{18}$$

Na qual f eh a frequencia, λ eh o comprimento de onda, v eh a velocidade de propagacao, e c eh a velocidade da luz

Ou seja facilmante conseguimos achar a frequencia dado o comprimento de onda e vice versa

6 Energia da onda

Para calcular a energia da onda precisamos da magnitude do campo eletrico e magnetico, e temos as seguintes equacoes:

Densidade de energia do campo eletrico:

$$\mu_E = \frac{1}{2} * \epsilon_0 * E^2 \tag{19}$$

Densidade de energia do campo magnetico:

$$\mu_B = \frac{1}{2} * \frac{B^2}{\mu_0} \tag{20}$$

Nos quais E eh o campo eletrico, B eh o campo magnetico, μ_E a densidade de energia do campo eletrico, μ_B a densidade de energia do campo magnetico, ϵ_0 a permeabilidade do espaco para campos electricos, μ_0 a permeabilidade do espaco para campos magneticos

A energia da onda eh a soma das duas energias:

$$\mu = \mu_E + \mu_B \tag{21}$$

$$\mu = \frac{1}{2} * \epsilon_0 * E^2 + \frac{1}{2} * \frac{B^2}{\mu_0} \tag{22}$$

Eh importante de tirar disso que podemos substituir o B e o E ja que temos uma relacao direta entre os dois que eh dada pela velocidade nas equacoes (10) e (11)

Intensidade

$$I = \frac{\Delta U}{A * \Delta t} \tag{23}$$

Na qual ΔU eh a energia de um elemento infinitesimal da onda, A eh a area da superficie que a onda cobre, Δt eh um elemento infinitesimal de tempo, e I eh a intensidade

Vale a pena lembrar que $\Delta U = \mu * \Delta V$, e temos maneiras simples de calcular este μ como vimos acima em (10)

Vale lembrar que potencia eh justamente $\frac{\Delta U}{\Delta t}$. O que nos deixa re-escrever de forma mais simples como:

$$I = \frac{P}{A} \tag{24}$$

E muito comumente se consideramos a origem da onda como uma fonte pontual podemos dizer que a area eh a area da esfera que a envolve, ou seja $A = 4\pi * r^2$

Simplificando finalmente chegamos em:

$$I = \mu_0 * c * E^2 \tag{25}$$

Forca eletromagnetica por um corpo complemanente absorvente eh dada por:

$$F_{em} = \frac{I * A}{c} \tag{26}$$

7 Vetor de Poynting

O vetor de Poynting aponta na direcao de propagacao da onda eletromagnetica, e eh dado por:

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0} \tag{27}$$

Ou seja:

$$S = \frac{E * B * \sin\theta}{\mu_0} \tag{28}$$

Sua magnitude varia no tempo, e atinge seu maximo no mesmo instante que $\vec{E}$ e $\vec{B}$ atingem seus maximos