

Resumo Fisica 4 Primeira Unidade

Henrique da Silva
hpsilva@proton.me

2 de julho de 2022

Sumário

- 1 Primeira Eq. de Maxwell
- 2 Segunda Eq. de Maxwell
- 3 Terceira lei de Maxwell
- 4 Quarta lei de Maxwell
- 5 Velocidade de propagacao
- 6 Energia da onda

1 Primeira Eq. de Maxwell

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

$$\oint \vec{E} * d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (1)$$

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:

$$E * A = \frac{q}{\epsilon_0} \quad (2)$$

2 Segunda Eq. de Maxwell

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

$$\oint \vec{B} * d\vec{A} = 0 \quad (3)$$

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:

$$\phi = B * A \cos \theta \quad (4)$$

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

$$B = \frac{\mu_0 * I}{2 * \pi * r} \quad (5)$$

3 Terceira lei 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:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (6)$$

No qual ε eh a forza 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 forza eletromotriz em um fio enrolado

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

$$\oint \vec{E} * \vec{ds} = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (7)$$

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 forza eletrica induzida

4 Quarta lei 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:

$$\oint \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * I \quad (8)$$

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

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:

$$\oint \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * (I + I_D) \quad (9)$$

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:

$$I_D = \epsilon_0 * \frac{d\phi_E}{dt} \quad (10)$$

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

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

$$\oint \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * I + \mu_0 * \epsilon_0 * \frac{d\phi_E}{dt} \quad (11)$$

5 Velocidade de propagacao

$$v = \frac{E}{B} = c \quad (12)$$

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:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 * \mu_0}} = c \quad (13)$$

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:

$$v = f * \lambda = c \quad (14)$$

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 facilmente 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:

$$\mu_E = \frac{1}{2} * \epsilon_0 * E^2 \quad (15)$$

Densidade de energia do campo magnetico:

$$\mu_B = \frac{1}{2} * \frac{B^2}{\mu_0} \quad (16)$$

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:

$$\mu = \mu_E + \mu_B \quad (17)$$

$$\mu = \frac{1}{2} * \epsilon_0 * E^2 + \frac{1}{2} * \frac{B^2}{\mu_0} \quad (18)$$

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)

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:

$$I = \frac{P}{A} \quad (20)$$

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:

$$I = \mu_0 * c * E^2 \quad (21)$$

Intensidade

$$I = \frac{\Delta U}{A * \Delta t} \quad (19)$$