



**INSTITUTO  
FEDERAL**  
Brasília

Instituto Federal de Brasília  
Bacharelado em Ciência da Computação  
Campus Taguatinga

**EQUAÇÕES DE MAXWELL - O UNIVERSO MECÂNICO**

**Por**

***RAFAEL DE CAMPOS PASSOS***

**Trabalho Acadêmico  
Física para Computação**

BRASÍLIA/2018

## 1 O Estudo de Maxwell

James Clerk Maxwell era um cientista escocês, e foi um dos grande pensadores da física. Suas descobertas permitiram, por exemplo, a formulação da Teoria eletromagnética da luz. Maxwell e família se mudaram para Londres para continuar suas pesquisas em relação a cinética e eletricidade. Ele analisou as leis conhecidas na época, e encontrou a peça que estava faltando analisando capacitores.

## 2 Equações Estudadas

Nesta seção são apresentadas as equações que participaram dos estudos de Maxwell, juntas com breves explicações de variáveis.

### 2.1 Velocidade de uma onda em águas profundas

$$v \approx \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$$

Onde :  $g$  Aceleração da gravidade, e  $\lambda$  é o comprimento da onda.

### 2.2 Velocidade de uma onda no ar

$$v \approx \sqrt{\frac{P}{\rho}}$$

Onde,  $P$  é a pressão do meio (ar), e  $\rho$  é a densidade do meio (ar).

### 2.3 Velocidade de onda para osciladores ligados

$$v \approx \alpha \sqrt{\frac{k\lambda}{m}}$$

Onde,  $k$  é constante da mola,  $m$  é a massa, e  $\alpha$  é distância entre osciladores.

### 2.4 Linhas de força de Michael Faraday

As linhas de força de Faraday eram uma expressão de 1 sobre  $r$  ao quadrado das forças da gravidade, eletricidade e magnetismo. Ao mesmo tempo, cada uma possui uma específica constante.

### 2.4.1 Gravidade

$$F_g = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \hat{r}$$

$$G = 6.7 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$$

### 2.4.2 Eletricidade

$$F_e = K_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

$$K_e = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

### 2.4.3 Magnetismo

$$F_m = K_m \frac{p_1 p_2}{r^2} \hat{r}$$

$$K_m = 1 \times 10^{-7} \frac{Ns^2}{C^2}$$

## 3 Relação entre Eletricidade e Magnetismo

Na época dos estudos de Maxwell, já se sabia que eletricidade e magnetismo eram fenômenos ligados. Como elas não são independentes,  $K_e$  e  $K_m$  devem ser relacionadas:

$$\frac{K_e}{K_m} = 9 \times 10^{16} \frac{m^2}{s^2}$$

$\frac{m^2}{s^2}$  é o quadrado de  $\frac{m}{s}$ , que é a velocidade

Logo:

$$\sqrt{\frac{K_e}{K_m}} = \sqrt{9 \times 10^{16} \frac{m^2}{s^2}} = 3 \times 10^8 \frac{m}{s} = C$$

onde  $C$  é igual à Velocidade da Luz no vácuo.

## 4 Leis do Magnetismo

### 4.1 Leis de Gauss

O fluxo elétrico em qualquer superfície fechada :

$$\oiint E dA = 4\pi K_E q = \frac{q}{\epsilon_0}$$

Onde  $q$  é o total de cargas englobadas pela superfície.

O fluxo magnético em qualquer superfície fechada é sempre igual a zero (já que as linhas se cancelam).

$$\oiint B dA = 0$$

## 4.2 Lei de Ampère

$$\oint B dr = \mu_0 I$$

## 4.3 Lei de Faraday da indução eletromagnética

A circulação do campo magnético ao redor de um caminho fechado:

$$\oint E dr = -\frac{d}{dt}\Phi$$

$$\oint E dr = -\frac{d}{dt} \iint B dA$$

A circulação do campo elétrico ao redor de um caminho fechado é igual a menos a taxa de variação do fluxo magnético através deste caminho.

## 5 Conclusão

Quando a corrente passa pelo capacitor, a carga aumenta, que cria um campo elétrico entre as placas. O fluxo elétrico pode ser deduzido utilizando a lei de gauss para superfície fechada  $\oiint E dA = \frac{q}{\epsilon_0}$ . A taxa de alteração do fluxo elétrico pode ser encontrado pela derivação dos dois lados da equação, ou seja, resulta apenas na corrente fluindo pelo fio.

$$\epsilon_0 \frac{d}{dt} \iint E dA$$

Ou seja,

$$\oint B dr = \mu_0 \left( I + \epsilon_0 \frac{d\Phi}{dt} \right)$$

Com isso, ondas eletromagnéticas podem passar pelo espaço vazio na velocidade da luz.