

# Resumo Fisica 4 Primeira Unidade

Henrique da Silva  
hpsilva@proton.me

6 de julho de 2022

## Sumário

### 1 Equacoes de Maxwell

- 1.1 Primeira Equacao . . . . .
- 1.2 Segunda equacao . . . . .
- 1.3 Terceira equacao . . . . .
- 1.4 Quarta equacao . . . . .

### 2 Ondas eletromagneticas

- 2.1 Velocidade de propagacao . . . . .
- 2.2 Energia da onda . . . . .
- 2.3 Vetor de Poynting . . . . .
- 2.4 Polarizacao . . . . .

### 3 Interferencia, reflexao e difracao

- 3.1 Lei da reflexao . . . . .
- 3.2 Refracao e lei de Snell . . . . .
- 3.3 Imagens virtuais vs imagens reais . . . . .

### 4 Lentes

- 4.1 Lente convergente/convexa . . . . .
- 4.2 Lente divergente/concava . . . . .
- 4.3 Equacao da magnificacao, relaciona a altura  $h_i$  e  $h_0$  do objeto com a distancia da imagem  $d_i$  e a distancia do objecto  $d_0$  . . . . .

## 1 Equacoes de Maxwell

### 1.1 Primeira Equacao

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,  $\epsilon_0$  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:

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

E tambem que:

$$E = \frac{V}{d} \quad (3)$$

Este ultimo eh especialmente importante em questoes de corrente de conducao

E tambem que:

$$Capacitancia = \frac{\epsilon_0 * A}{d} \quad (4)$$

E tambem que:

$$E = \frac{\rho * l}{A} \quad (5)$$

### 1.2 Segunda equacao

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

$$\oint \vec{B} * d\vec{A} = 0 \quad (6)$$

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:

$$\phi_B = B * A \cos \theta \quad (7)$$

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

$$B = \frac{\mu_0 * I}{2 * \pi * r} \quad (8)$$

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

$$I = \frac{d\phi_E}{dt} \quad (9)$$

### 1.3 Terceira equacao

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

A lei como tinhamos visto era dada por:

$$\varepsilon = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (10)$$

No qual  $\varepsilon$  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

$$\oint \vec{E} * d\vec{s} = -\frac{d\phi_B}{dt} \quad (11)$$

Na qual  $\vec{E}$  eh o campo eletrico,  $d\vec{s}$  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

### 1.4 Quarta equacao

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:

$$\oint \vec{B} * d\vec{s} = \mu_0 * I_{enc} \quad (12)$$

No qual  $\vec{B}$  eh o campo magnetico,  $d\vec{s}$  um pedaco infinitesimal do elemento do loop fechado,  $\mu_0$  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  $d\vec{s}$ , entao se for dado o fluxo total de um capacitor por exemplo. O fluxo que vamos considerar eh apenas o fluxo que esta dentro da superficie definida pelo loop fechado  $d\vec{s}$

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:

$$\oint \vec{B} * d\vec{s} = \mu_0 * (I + I_D) \quad (13)$$

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:

$$I_D = \epsilon_0 * \frac{d\phi_E}{dt} \quad (14)$$

Com  $\epsilon_0$  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:

$$\int \vec{B} * \vec{ds} = \mu_0 * I + \mu_0 * \epsilon_0 * \frac{d\phi_E}{dt} \quad (15)$$

## 2 Ondas eletromagneticas

### 2.1 Velocidade de propagacao

$$v = \frac{E}{B} = c \quad (16)$$

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:

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 * \mu_0}} = c \quad (17)$$

com  $\epsilon_0$  a permeabilidade do espaco para campos electricos, e  $\mu_0$  a permeabilidade do espaco para campos magneticos,  $v$  a velocidade de propagacao da onda, 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:

$$v = f * \lambda = c \quad (18)$$

Na qual  $f$  eh a frequencia,  $\lambda$  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

### 2.2 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:

$$\mu_E = \frac{1}{2} * \epsilon_0 * E^2 \quad (19)$$

Densidade de energia do campo magnetico:

$$\mu_B = \frac{1}{2} * \frac{B^2}{\mu_0} \quad (20)$$

Nos quais  $E$  eh o campo eletrico,  $B$  eh o campo magnetico,  $\mu_E$  a densidade de energia do campo eletrico,  $\mu_B$  a densidade de energia do campo magnetico,  $\epsilon_0$  a permeabilidade do espaco para campos electricos,  $\mu_0$  a permeabilidade do espaco para campos magneticos

A energia da onda eh a soma das duas energias:

$$\mu = \mu_E + \mu_B \quad (21)$$

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

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

$$I = \frac{\Delta U}{A * \Delta t} \quad (23)$$

Na qual  $\Delta U$  eh a energia de um elemento infinitesimal da onda,  $A$  eh a area da superficie que a onda cobre,  $\Delta t$  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  $\mu$  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:

$$I = \frac{P}{A} \quad (24)$$

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:

$$I = \mu_0 * c * E^2 \quad (25)$$

Força eletromagnetica por um corpo completamente absorvente eh dada por:

$$F_{em} = \frac{I * A}{c} \quad (26)$$

## 2.3 Vetor de Poynting

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

$$\vec{S} = \frac{\vec{E} \times \vec{B}}{\mu_0} \quad (27)$$

Ou seja:

$$S = \frac{E * B * \sin \theta}{\mu_0} \quad (28)$$

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

## 2.4 Polarizacao

Polarizacao acontece quando um raio eletromagnetico atravessa um campo magnetico polarizado, apenas deixando passar a as componentes do raio eletromagnetico que estava na mesma polarizacao, o efeito disso eh que apenas metade do raio eletromagnetico passa pelo campo magnetico polarizado e a outra metade eh absorvida pelo filtro

# 3 Interferencia, reflexao e refracao

## 3.1 Lei da reflexao

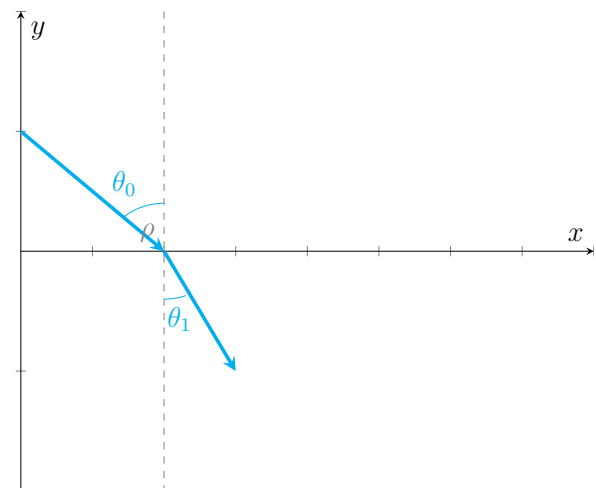
O angulo de incidencia de um raio de luz eh igual ao angulo de reflexao

## 3.2 Refracao e lei de Snell

Eh o fenomeno de um raio de luz mudar de angulo quando passa de um meio para outro

O angulo do raio incidente eh relacionado com o angulo do raio da refracao pela lei de Snell

Lei de Snell



$$\begin{aligned} \theta_0 &> \theta_1 \\ n_0 \sin \theta_0 &= n_1 \sin \theta_1 \end{aligned} \quad (29)$$

O indice de refracao  $n$  eh dado por:

$$n = \frac{c}{v} \quad (30)$$

Nos quais  $c$  eh a velocidade da luz no vacuo e  $v$  eh a velocidade da luz no meio

O que equacao acima nos diz, eh que quanto maior o indice de refracao, menor o angulo desta refracao

Vale ressaltar, que essa mudanca ocorre em qualquer mudanca de meio com indice de refracao  $n$  diferentes

## 3.3 Imagens virtuais vs imagens reais

Uma imagem eh dita real se os raios saidos do objeto convergem em um local

# 4 Lentes

## 4.1 Lente convergente/convexa

Distancia focal  $f$  de uma lente convexa esta a metade do raio de curvatura da lente

Poder  $P$  da lente

$$P = \frac{1}{f} \quad (31)$$

A imagem que passa por uma lente convergente sempre converge do lado oposto do objeto, e fica de cabeça pra baixo

Equacao da lente fina relaciona, a distancia focal  $f$ , distancia da imagem  $d_i$  e a distancia do objeto  $d_0$ :

$$\frac{1}{d_0} + \frac{1}{d_i} = \frac{1}{f} \quad (32)$$

## 4.2 Lente divergente/concava

Esse tipo de lente gera uma imagem virtual

Na lente concava a distancia focal esta do mesmo lado do objeto

## 4.3 Equacao da magnificacao, relaciona a altura $h_i$ e $h_0$ do objeto com a distancia da imagem $d_i$ e a distancia do objecto $d_0$

$$m = \frac{h_i}{h_0} = -\frac{d_i}{d_0} \quad (33)$$