

Notas de Eletromagnetismo

André Danin
IFPA 2024

1 Eletroestática

1.1 Introdução

O problema fundamental da teoria eletromagnética é o seguinte: temos várias cargas, q_1, q_2, q_3, q_n , qual a força que elas exercem sobre uma carga Q qualquer. Com isso adentramos no princípio da superposição, aonde a interação entre duas cargas não é afetada pelas outras, assim sendo podemos calcular a força F_1 de q_1 em Q separadamente, e depois ir somando com as outras:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + \dots F_n \quad (1)$$

Nota 1. Porque não escrever diretamente uma função geral para a força em Q devido a q ? Porque tal força não depende somente do raio entre q e Q , e sim também da velocidade e aceleração de q , no capítulo 10 do livro Griffiths foi desenvolvida tal formula, entretanto antes de partir para a Eletrodinâmica, primeiro será estudado a Eletroestática, um caso especial aonde todas as cargas fontes (q) são estacionárias. (A carga de prova Q não precisa ser estacionária)

1.2 Lei de Coulomb

Uma pergunta clássica da eletroestática é: Qual a força na carga de prova Q produzida por uma única carga q cuja distância entre eles é definido por \vec{r} , o vetor de separação entre r' (localização do ponto de q) até r (localização do ponto de Q). A resposta para isso é através da Lei de Coulomb (obtida via experimento).

Nota 2. A força na carga também está relacionado com o campo elétrico, que nada mais é que um campo vetorial formado pela força elétrica por unidade de carga

Lei de Coulomb

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qQ}{r^2} \hat{r} \quad (2)$$

Onde:

$$\epsilon_0 = 8,85 * 10^{-12} \frac{C^2}{Nm^2} = \text{Permissividade no vácuo}$$

r = Modulo de \vec{r}

\hat{r} = Direção do vetor \vec{r}

1.3 Campo Elétrico

Retomando a equação (1) e a (2), observa-se que os únicos valores que vão variar são somente o q , o r e o \hat{r} , logo podemos escrever como um somatório:

$$F = QE \quad (3)$$

$$E(r) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \hat{r} \quad (4)$$

Aonde E é o próprio campo elétrico, a definição do que é o campo elétrico ainda não está muito clara, mas é como se preenchesse o espaço ao redor com cargas elétricas.

1.3.1 Campo Elétrico do Dipolo

A seguir segue a demonstração do campo elétrico num dipolo, constituído por uma carga positiva e uma negativa alinhadas, no qual quer-se achar o campo num ponto p alinhado com as cargas:

$$\begin{aligned} E_d &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{+q}{(r-d/2)^2} - \frac{q}{(r+d/2)^2} \right) \vec{k} \\ E_d &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{q}{r^2 \left(1 - \frac{d}{2r}\right)^2} - \frac{q}{r^2 \left(1 + \frac{d}{2r}\right)^2} \right) \vec{k} \\ E_d &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \left(\frac{1}{\left(1 - \frac{d}{2r}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{d}{2r}\right)^2} \right) \vec{k} \\ \therefore \sqrt{(1 \pm \epsilon)^n} &= 1 \pm n\epsilon \\ E_d &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \left(\frac{1}{1 - \frac{d}{r}} - \frac{1}{1 + \frac{d}{r}} \right) \vec{k} \\ E_d &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \frac{1 + \frac{d}{r} - 1 + \frac{d}{r}}{1 - \frac{d^2}{r^2}} \vec{k} \\ E_d &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \frac{\frac{2d}{r}}{1 - \frac{d^2}{r^2}} \vec{k} \\ E_d &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \cdot \frac{2d}{r} \cdot \vec{k} \\ \bar{E}_d &= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{r^3} \vec{k} \\ \bar{E}_d &= \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{r^3} \vec{k} \end{aligned} \quad (5)$$

Abaixo o momento dipolo e a equação do campo elétrico em virtude do momento:

$$\vec{P} = qd\vec{k} \quad (6)$$

$$\vec{E}_d = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{\vec{P}}{r^3} \quad (7)$$