



**kroton**  
paixão por educar

**GRADUAÇÃO PRESENCIAL**  
**2º semestre- 2015**

**Física III**  
**Eng<sup>a</sup> Prod. – 4º semestre**

**Prof<sup>o</sup>. Ms. Cristiano Malheiro**

[cmalheiro@aedu.com](mailto:cmalheiro@aedu.com)

<http://cristianotm.wix.com/notasdeaula>

1



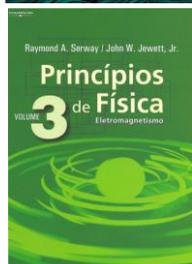
## Aula 4

### Bibliografia Básica Padrão



1. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl; CHOUERI, Salomão. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 9ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2012-2013, v.3.

Na nossa biblioteca: 8 exemplares - 530 H184f 9.ed.  
v.3 - PLT 709



2. SERWAY, Raymond; Jowett, J. **Princípios de Física 3: eletromagnetismo**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.

Na nossa biblioteca: 11 exemplares – 520 S513p

2

**kroton**  
paixão por educar



## Aula 4

### Exercícios para desenvolver em casa (não é necessário entregar!)

**Estudar os exemplos b, e e c da página 7 – PLT709- Halliday;**

Respostas: b)  $F_{1,T}=9 \times 10^{-25} \text{N } i$

c)  $F_{1,T}=(-1,25 \times 10^{-25} \text{N})i + (1,78 \times 10^{-24} \text{N})j$

**Exercício 7 –pág. 16 e Exercício 17 a e b pág. 17**

Respostas: 7)  $F_{21}=1,60 \text{N } j$

17a)  $F_{31}=0,8i + 1,38j \text{ N}$

17b)  $F_{1,T}=2,77 \text{N}$

**Bom final de semana e bom feriado!!!**

3



## Aula 4

### Campos Elétricos – Capítulo 22 – pág. 22 Halliday

**Lembra-se de nossos estudos anteriores?**

Imagine a força  $F_{12}$  entre duas partículas. Aprendemos que o módulo e a orientação da força da partícula 2 é exercido sobre a partícula 1, e isso acontece-se pois é criado um campo elétrico no espaço que a cerca.

**Entende-se melhor da seguinte forma:**

Quando a partícula 1 é colocada em um ponto qualquer desse espaço, a partícula “sabe” que a partícula 2 existe porque é afetada pelo campo elétrico que a partícula 2 criou nesse espaço.

4



## Aula 4

### Campos Elétricos – Capítulo 22 – pág. 22 Halliday

Assim, a partícula 2 afeta a partícula 1, não através de um contato direto, mas através do campo elétrico produzido pela partícula 2.

O campo elétrico é um campo vetorial, já que se constitui em uma distribuição de vetores, um em cada ponto de uma região em torno de um objeto eletricamente carregado, como um bastão de vidro.

5


  
 paixão por educar

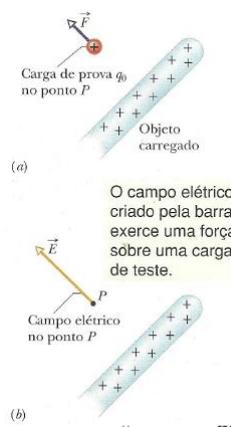

## Aula 4

### Campos Elétricos – Capítulo 22 – pág. 22 Halliday

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (\text{campo elétrico}).$$

[N/C]

Pode-se definir o campo elétrico em um ponto nas proximidades de um objeto carregado, como o ponto P, da seguinte forma: colocamos no ponto P uma carga positiva  $q_0$ , chamada de carga de prova, medimos a força eletrostática F que age sobre a carga  $q_0$  e definimos o campo elétrico E produzido pelo objeto através da equação:



  
 paixão por educar



## Aula 4

### Campos Elétricos – Capítulo 22 – pág. 22 Halliday

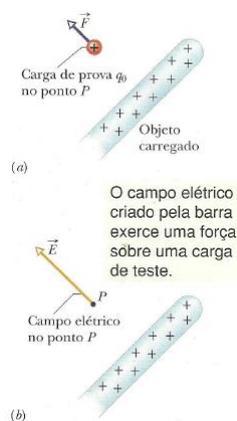
Assim, o módulo de  $E$  é  $F/q_0$  e a orientação do vetor  $E$  é a mesma do vetor  $F$ .

Para investigar o papel de um campo elétrico na interação entre objetos carregados, temos de realizar duas tarefas:

1. Calcular o campo elétrico produzido por uma dada distribuição de cargas;
2. Calcular a força que um campo elétrico exerce sobre uma carga.

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} \quad (\text{campo elétrico}).$$

[N/C]



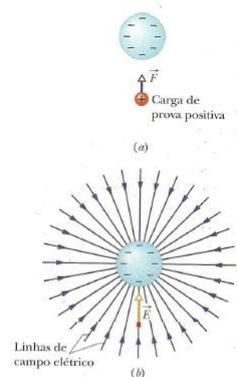
## Aula 4

### Linhas de Campo Elétrico

São boa maneira de visualizar campo elétrico.

O valor de  $E$  é proporcional ao número de linhas de campo.

As linhas de campo elétrico se afastam das cargas positivas (onde começam) e se aproximam das cargas negativas (onde terminam)



**Figura 22-2** (a) Uma força eletrostática  $\vec{F}$  age sobre uma carga de prova positiva colocada nas proximidades de uma esfera que contém uma distribuição uniforme de cargas negativas. (b) O vetor campo elétrico  $\vec{E}$  na posição da carga de prova e as linhas de campo no espaço que cerca a esfera. As linhas de campo elétrico *terminam* na esfera negativamente carregada. (As linhas têm origem em cargas positivas distantes.)



## Aula 4

### Linhas de Campo Elétrico

#### 22-4 Campo Elétrico Produzido por uma Carga Pontual

Para determinar o campo elétrico produzido a uma distância  $r$  de uma carga pontual  $q$ , colocamos uma carga de prova  $q_0$  nesse ponto. De acordo com a lei de Coulomb (Eq. 21-1), o módulo da força eletrostática que age sobre  $q_0$  é dado por

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{qq_0}{r^2} \hat{r}. \quad (22-2)$$

O sentido de  $\vec{F}$  é para longe da carga pontual se  $q$  for positiva e na direção da carga pontual se  $q$  for negativa. De acordo com a Eq. 22-1, o módulo do vetor campo elétrico é dado por

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r} \quad (\text{carga pontual}). \quad (22-3)$$

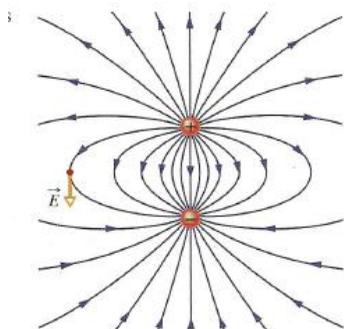
O sentido de  $\vec{E}$  é o mesmo que o da força que age sobre a carga de prova: para longe da carga pontual se  $q$  é positiva e na direção da carga pontual se  $q$  é negativa.

9



## Aula 4

### Linhas de Campo Elétrico



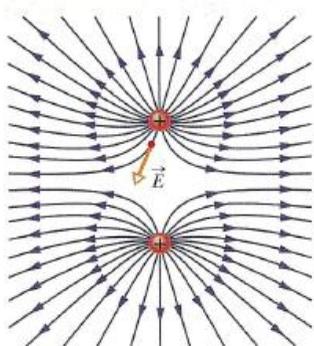
**Figura 22-5** Linhas de campo para uma carga pontual positiva e uma carga pontual negativa de mesmo valor absoluto situada nas proximidades. As cargas se atraem. O padrão tridimensional de linhas de campo e o campo elétrico que as linhas representam possuem simetria rotacional em relação a um eixo passando pelas cargas. A figura mostra também o vetor campo elétrico em um ponto do espaço; o vetor é tangente à linha de campo que passa pelo ponto.

10



## Aula 4

### Linhas de Campo Elétrico



**Figura 22-4** Linhas de campo para duas cargas pontuais positivas iguais. As cargas se repelem. (As linhas terminam em cargas negativas distantes.) Para visualizar o padrão tridimensional das linhas de campo, gire mentalmente a figura em torno de um eixo passando pelas cargas. O padrão tridimensional das linhas de campo e o campo elétrico que as linhas representam possuem *simetria rotacional* em relação a esse eixo. A figura mostra também o vetor campo elétrico em um ponto do espaço; o vetor é tangente à linha de campo que passa pelo ponto.

11

kroton  
paixão por educar



## Aula 4

### Linhas de Campo Elétrico



**Figura 22-6** Vetores campo elétrico em vários pontos das vizinhanças de uma carga pontual positiva.

Assim, de acordo com a Eq. 22-1, o campo elétrico total na posição da carga de prova é dado por

$$\begin{aligned}\vec{E} &= \frac{\vec{F}_0}{q_0} = \frac{\vec{F}_{01}}{q_0} + \frac{\vec{F}_{02}}{q_0} + \dots + \frac{\vec{F}_i}{q_0} + \dots + \frac{\vec{F}_n}{q_0} \\ &= \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_i + \dots + \vec{E}_n,\end{aligned}\quad (22-4)$$

em que  $\vec{E}_i$  é o campo elétrico que seria criado somente pela carga pontual  $i$ . A Eq. 22-4 mostra que o princípio de superposição se aplica aos campos elétricos.

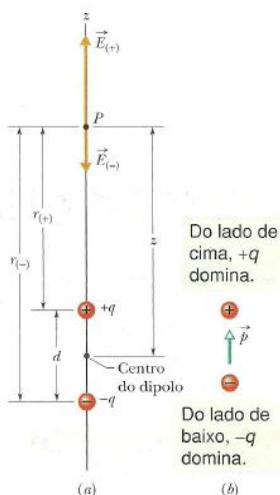
12

kroton  
paixão por educar



## Aula 4

### Campo elétrico produzido por um Dipolo Elétrico



São duas partículas carregadas de módulo  $q$  e sinais opostos, separados por uma distância  $d$ . Vamos calcular o campo elétrico produzido pelo dipolo elétrico no ponto  $P$ , situado a uma distância  $z$  do centro do dipolo, sobre a reta que ligas as duas partículas, conhecida como eixo do dipolo elétrico.

13



## Aula 4

### Campo elétrico produzido por um Dipolo Elétrico

Solução – página 26:

$$\begin{aligned}
 E &= E_{(+)} - E_{(-)} \\
 &= \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_{(+)}^2} - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r_{(-)}^2} \\
 &= \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z - \frac{1}{2}d)^2} - \frac{q}{4\pi\epsilon_0(z + \frac{1}{2}d)^2}. \quad (22-5)
 \end{aligned}$$

Reagrupando os termos, obtemos:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \left( \frac{1}{\left(1 - \frac{d}{2z}\right)^2} - \frac{1}{\left(1 + \frac{d}{2z}\right)^2} \right). \quad (22-6)$$

14



## Aula 4

### Campo elétrico produzido por um Dipolo Elétrico

Solução – página 26:

Reduzindo as frações ao mesmo denominador e simplificando, obtemos:

$$E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 z^2} \frac{2dz}{\left(1 - \left(\frac{d}{2z}\right)^2\right)^2} = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 z^3} \frac{d}{\left(1 - \left(\frac{d}{2z}\right)^2\right)^2}. \quad (22-7)$$

Em geral, estamos interessados nos efeitos elétricos de um dipolo apenas a distâncias relativamente grandes em comparação com as dimensões do dipolo, ou seja, a distâncias tais que  $z \gg d$ . Nesse caso,  $d/2z \ll 1$  na Eq. 22-7 e podemos desprezar o termo  $d/2z$  no denominador, o que nos dá

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{qd}{z^3}. \quad (22-8)$$

15

kroton  
paixão por educar



## Aula 4

### Campo elétrico produzido por um Dipolo Elétrico

Solução – página 26:

O produto  $qd$ , que envolve os dois parâmetros  $q$  e  $d$  que definem o dipolo, é o módulo  $p$  de uma grandeza conhecida como **momento dipolar elétrico**  $\vec{p}$  do dipolo. (A unidade de  $\vec{p}$  é o coulomb-metro.) Assim, podemos escrever a Eq. 22-8 na forma

$$E = \frac{1}{2\pi\epsilon_0} \frac{p}{z^3} \quad (\text{dipolo elétrico}). \quad (22-9)$$

16

kroton  
paixão por educar



## Aula 4

Para próxima aula: Ler páginas 22 a 29!!

17



### Bibliografia desta aula:

1. HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl; CHOUERI, Salomão. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo**. 9ª edição. Rio de Janeiro: LTC, 2012-2013, v.3.
2. SERWAY, Raymond; Jowett, J. **Princípios de Física 3: eletromagnetismo**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning,

18

