Física Fundamental III

Cap. 2 – O Campo Elétrico

Prof. Isaac Torres

22-1

O Campo Elétrico

22-2

O Campo Elétrico Produzido por uma Partícula Carregada

22-3

O Campo Elétrico Produzido por um Dipolo Elétrico

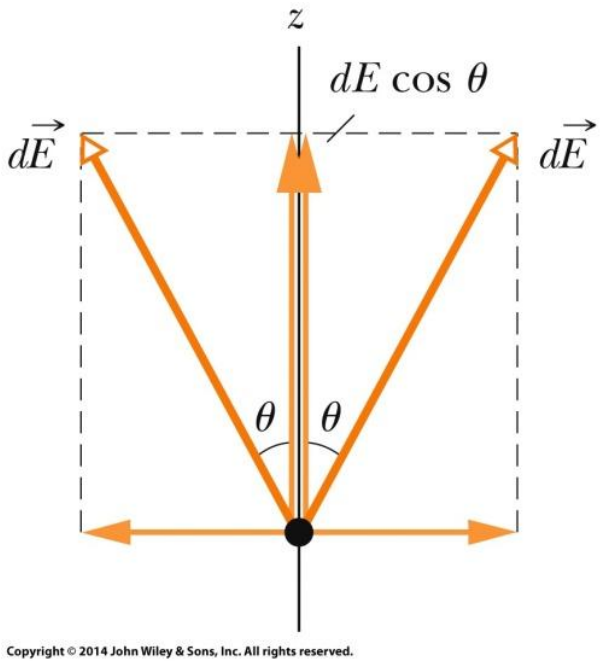
22-4

O Campo Elétrico Produzido por uma Linha de Carga

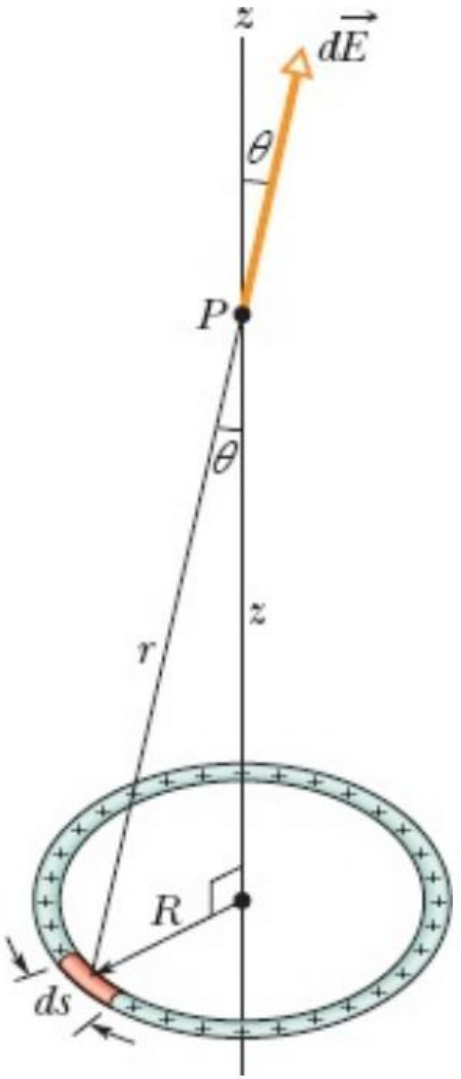
O Anel Carregado

- Considere uma linha em formato de anel, carregada uniformemente (λ = cte).

- Devido à simetria, há apenas campo no eixo z:



Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.



O Anel Carregado

- O elemento de campo, ou seja, dE, gerado pelo comprimento ds, é:

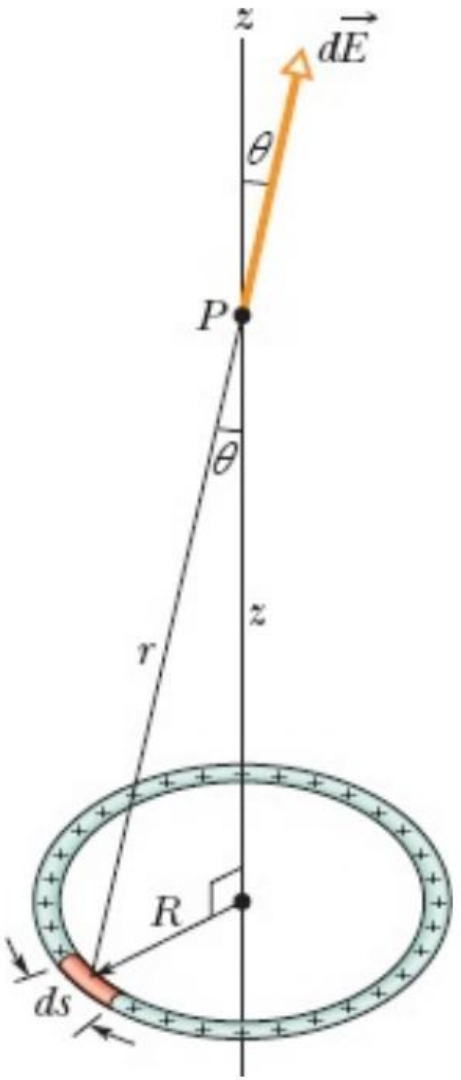
$$dE \cos \theta$$

- Daí, como

$$\cos \theta = \frac{z}{r} = \frac{z}{(z^2 + R^2)^{1/2}}$$

- Temos:

$$dE \cos \theta = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{z\lambda}{(z^2 + R^2)^{3/2}} ds$$



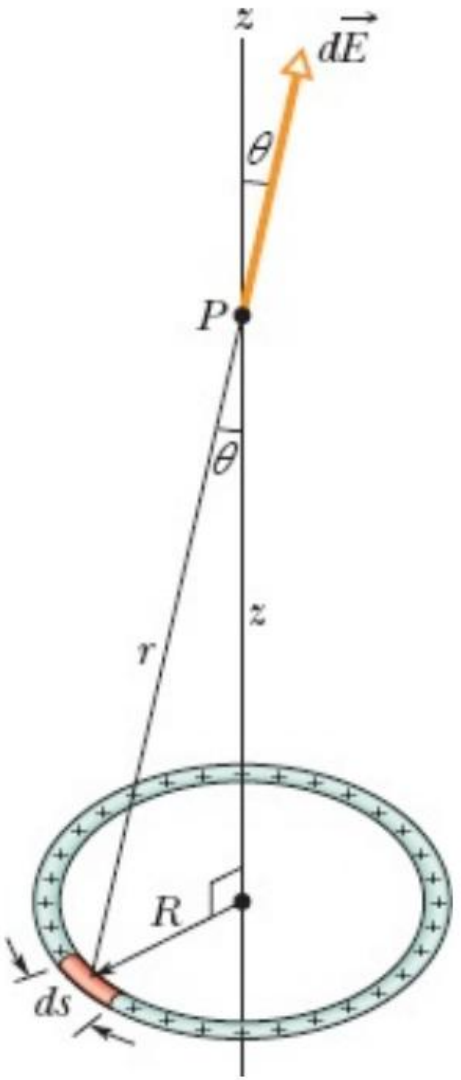
O Anel Carregado

- O campo total $E(z)$ é dado por:

$$E = \int dE \cos\theta = \frac{z\lambda}{4\pi\varepsilon_0(z^2 + R^2)^{3/2}} \int_0^{2\pi R} ds$$

- Ou seja, integrando e simplificando, vemos que o campo gerado pelo anel carregado calculado em um ponto P a uma altura z do centro do anel é:

$$E = \frac{qz}{4\pi\varepsilon_0(z^2 + R^2)^{3/2}} \qquad \text{(anel carregado)}$$



22-5

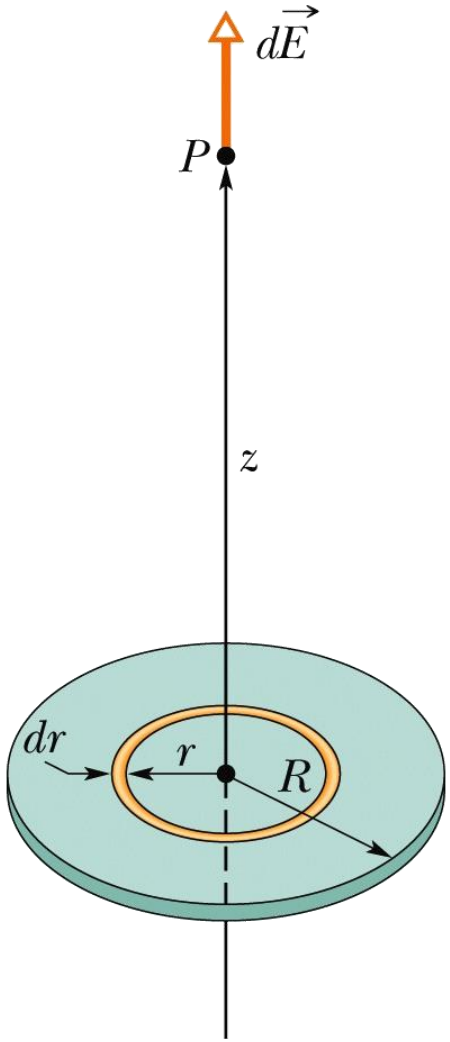
O Campo Elétrico Produzido por um Disco Carregado

O Disco Carregado

- Considere um disco carregado uniformemente, com uma densidade de carga σ conhecida.
- O disco é composto por finíssimos anéis de raio variável r.
- Cada anel contém uma carga

$$dq = 2\pi r\, \sigma\, dr$$

- (verifique) e gera um campo dE que aponta no sentido positivo do eixo z.



Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

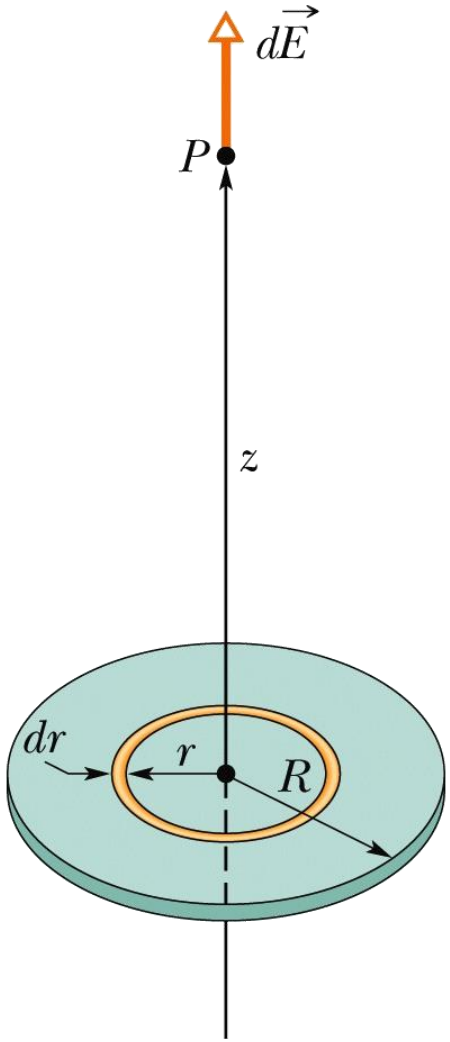
O Disco Carregado

- Com isso, o campo gerado por cada anel será:

$$dE = \frac{z\sigma 2\pi r\, dr}{4\pi\varepsilon_0 (z^2 + r^2)^{3/2}}$$

- Integrando em r, obtemos o campo total no ponto P a uma altura z do disco de raio R:

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon_0}\left(1 - \frac{z}{\sqrt{z^2 + R^2}}\right) \quad \text{(disco carregado)}$$



Copyright © 2014 John Wiley & Sons, Inc. All rights reserved.

22-6

Uma Carga Pontual em um Campo Elétrico

Força Elétrica sobre uma Partícula Carregada Causada por um Campo Elétrico Externo

- Se há um campo elétrico $\vec{E}$ atuando em uma região (pense nos exemplos de campo vistos anteriormente) e uma partícula carregada, de carga q, sente a presença do campo, atuará sobre uma força elétrica que, como vimos, deve ser:

$$\vec{F} = q\vec{E}$$

- Quanto ao sentido da força, temos o seguinte:

A força eletrostática $\vec{F}$ que age sobre uma partícula carregada submetida a um campo elétrico $\vec{E}$ tem o mesmo sentido que $\vec{E}$, se a carga q da partícula for positiva, e o sentido oposto, se a carga q for negativa.

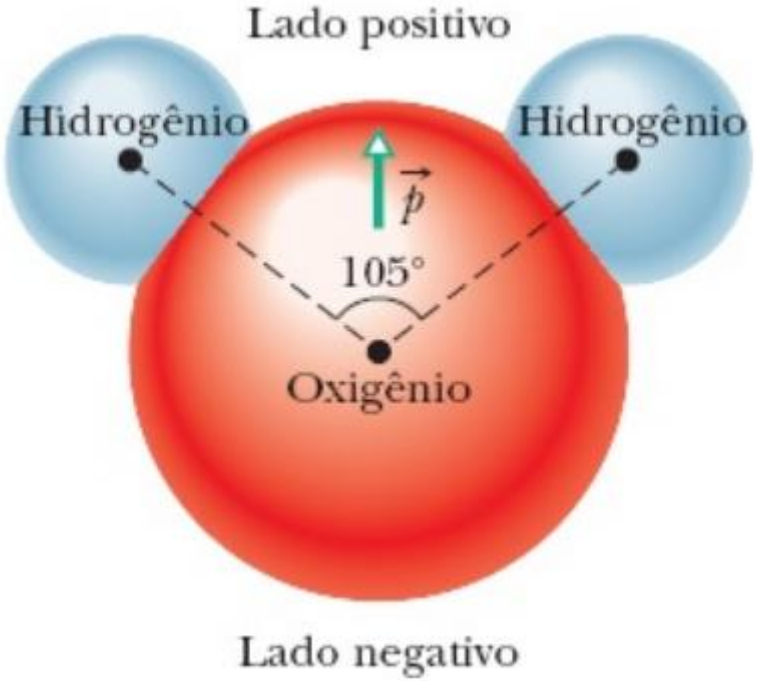
22-6

Um Dipolo em um Campo Elétrico

Um dipolo em um campo elétrico

- O vetor momento de dipolo $\vec{\boldsymbol{p}}$ tem módulo $p = qd$ e aponta no sentido da carga negativa para a positiva.

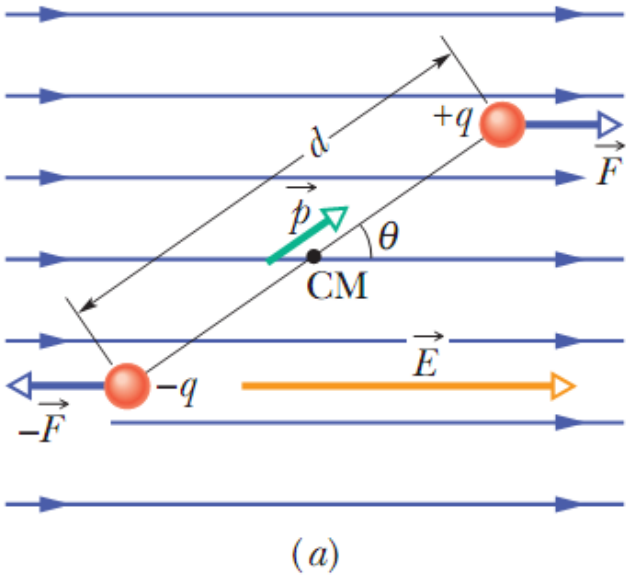
- Por exemplo, vejamos o momento de dipolo vetorial $\vec{p}$ da molécula de água:



Torque e Energia Potencial

- Ao ser submetido a um campo elétrico externo $\vec{E}$, o dipolo sofrerá a ação de um *torque* $\vec{\tau}$, que pode-se mostrar que vale:

$$\vec{\tau} = \vec{p} \times \vec{E} \quad \text{(torque em um dipolo)}$$

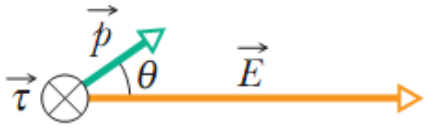


(a)

- Além disso, à interação do dipolo com um campo elétrico externo $\vec{E}$ está associada uma energia potencial U, que é dada por:

$$U = -\vec{p} \cdot \vec{E} \quad \text{(energia potencial de um dipolo).}$$

O torque tende a alinhar o dipolo com o campo.



(b)

Exemplos

·3 O núcleo de um átomo de plutônio 239 contém 94 prótons. Suponha que o núcleo é uma esfera com 6,64 fm de raio e que a carga dos prótons está distribuída uniformemente na esfera. Determine (a) o módulo e (b) o sentido (para dentro ou para fora) do campo elétrico produzido pelos prótons na superfície do núcleo.

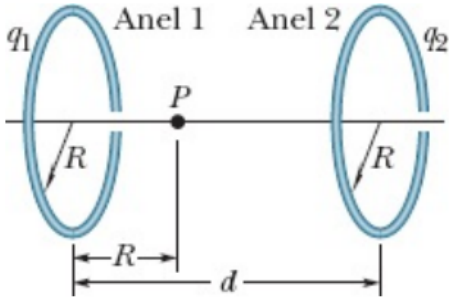
·4 Duas partículas são mantidas fixas no eixo x: a partícula 1, de carga $-2{,}00 \times 10^{-7}$ C, no ponto x = 6,00 cm, e a partícula 2, de carga $+2{,}00 \times 10^{-7}$ C, no ponto x = 21,0 cm. Qual é o campo elétrico total a meio caminho entre as partículas, na notação dos vetores unitários?

·5 Qual é o valor absoluto de uma carga pontual cujo campo elétrico a 50 cm de distância tem um módulo de 2,0 N/C?

·6 Qual é o valor absoluto de uma carga pontual capaz de criar um campo elétrico de 1,00 N/C em um ponto a 1,00 m de distância?

Exemplos

·23 A Fig. 22-47 mostra dois anéis isolantes paralelos, com o centro na mesma reta perpendicular aos planos dos anéis. O anel 1, de raio R, possui uma carga uniforme q_1; o anel 2, também de raio R, possui uma carga uniforme q_2. Os anéis estão separados por uma distância $d = 3{,}00R$. O campo elétrico no ponto P da reta que passa pelos centros dos anéis, que está a uma distância R do anel 1, é zero. Calcule a razão q_1/q_2.



·34 Um disco de 2,5 cm de raio possui uma densidade superficial de carga de 5,3 μC/m^2 na superfície superior. Qual é o módulo do campo elétrico produzido pelo disco em um ponto do eixo central situado a uma distância z = 12 cm do centro do disco?

·35 A que distância ao longo do eixo de um disco de plástico uniformemente carregado com 0,600 m de raio o módulo do campo elétrico é igual a metade do módulo do campo no centro do disco?