Atividade para entrega A2-E (10/03):

21.104 Denomina-se *coroa anular* um disco fino de raio externo R_2 com um buraco circular concêntrico de raio interno R_1 (Figura 21.51). Uma coroa anular possui uma densidade superficial de carga σ sobre sua superfície. (a) Determine a carga total sobre a coroa anular. (b) A coroa anular está sobre o plano yz com seu centro na origem. Para um ponto arbitrário sobre o eixo Ox (o eixo de simetria da coroa anular), determine o módulo, a direção e o sentido do campo elétrico $\vec{E}$. Considere todos os pontos acima e abaixo do plano da coroa anular da Figura 21.51. (c) Mostre que, para os pontos sobre o eixo Ox suficientemente próximos da origem, o módulo do campo elétrico é aproximadamente proporcional à distância entre o centro da coroa e o ponto considerado. Qual é a distância que pode ser considerada "suficientemente próxima"? (d) Uma partícula puntiforme com massa m e carga $-q$ pode se mover livremente sobre o eixo Ox (mas não pode sair desse eixo). A partícula é inicialmente colocada sobre o ponto $x = 0{,}01R_1$ e, a seguir, liberada. Determine a freqüência das oscilações da partícula. (*Sugestão:* faça uma revisão da Seção 13.2. A coroa anular permanece em repouso.)

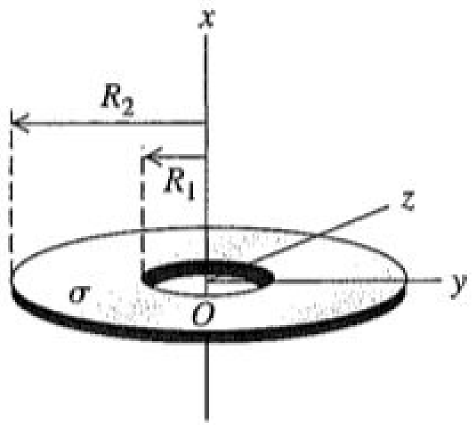

Figura 21.51 Problema 21.104.

DADOS: $\sigma = 177\,\mu\text{C/m}$; $R_1 = 0{,}1\,\text{m}$; $R_2 = 0{,}2\,\text{m}$; $q = 5\,\mu\text{C}$; $m = 10\,\text{mg}$ $\varepsilon_0 = 8{,}85 \times 10^{-12}\,\text{F/m}$.

Obs.: Faça os cálculos literais e substitua os valores somente no fim para obter as respostas.

Frequência de oscilação de um sistema massa-mola (oscilador harmônico simples): $f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$, onde k é a constante elástica da mola e m é a massa do corpo.

Série de Taylor para $F(x)$ (até segunda ordem, em torno de x=0): $F(x) \approx F(0) + \left[\frac{dF}{dx}\right]_0 x + \frac{1}{2}\left[\frac{d^2F}{dx^2}\right]_0 x^2 + \ldots$

(21.104)

(a) [2,0] $Q=\sigma\pi(R_2^2-R_1^2)=16{,}7\,\mu\mathrm{C}$

(b) [5,0] $\vec{E}(x)=\frac{1}{2\varepsilon_0}\sigma x\left(\frac{1}{\sqrt{(R_1^2+x^2)}}-\frac{1}{\sqrt{(R_2^2+x^2)}}\right)\hat{x}=\left(\frac{10}{\sqrt{0{,}01+x^2}}-\frac{10}{\sqrt{0{,}04+x^2}}\right)x\,\hat{x}$ MN/C

(c) [2,0] $E_x\approx\frac{\sigma}{2\varepsilon_0}(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2})x=750\,x$ MN/(Cm) **(** $x\ll R_1=0{,}1$ m **)**

(d) [1,0] $f=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{q\sigma}{2\varepsilon_0 m}(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R_2})}=\frac{1}{2\pi}\sqrt{5\times750}=9{,}7\,\mathrm{Hz}$