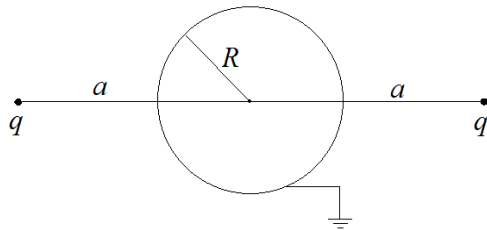




1. (3 valores) Mostre que num meio linear e homogéneo, obedecendo à Lei de Ohm, com condutividade não nula, eletrizado, a carga distribuída em volume diminui exponencialmente com o tempo. Atentando às propriedades dieléctricas e condutoras do meio, discuta em que condições é possível considerar nula a densidade volúmica de carga nesse meio. Exemplifique, fazendo uma estimativa do tempo que no silício a densidade volúmica de carga demora a reduzir-se até 1% do valor inicial (dados: o silício tem constante dielétrica 11.7 e resistividade  $2500 \Omega\text{m}$ ).

2. (5 valores) Duas cargas pontuais positivas,  $q$ , iguais, são colocadas à mesma distância  $a$ , simetricamente, em relação ao centro de uma esfera condutora, de raio  $R$ , ligada à terra através de um fio muito fino.



- a) Usando o método das imagens determine a função potencial. (Sugestão: examine a configuração alternativa que consiste nas duas cargas  $q$  conjuntamente com outras duas cargas iguais de valor  $q' = -Rq/a$  e colocadas simetricamente em relação ao centro da esfera à distância  $b = R^2/a$ .)
- b) Determine a densidade superficial de carga induzida na esfera em função do ângulo  $\theta$  das coordenadas esféricas.
- c) Estude esta função para determinar as regiões da esfera onde é maior a densidade de carga induzida. Discuta esse resultado em relação ao que era esperado considerando a simetria da configuração.

3. (4 valores) Considere o seguinte sistema de cargas pontuais estáticas dispostas sobre o eixo dos  $zz$ :  $+2q$  em  $z = a$ ,  $-2q$  em  $z = 2a$  e  $+q$  em  $z = 3a$ .

- a) Ache os três primeiros termos do desenvolvimento multipolar do potencial deste sistema (use coordenadas esféricas).
- b) Discuta a aplicabilidade da função potencial determinada anteriormente aos seguintes pontos do eixo dos  $zz$ :  $z = 4a$ ,  $z = 10a$ ,  $z = 100a$ . Inclua na sua resposta o erro relativo cometido no cálculo do potencial em cada um dos casos (note que para pontos sobre o eixo dos  $zz$  é imediato calcular o potencial exato).

4. (4 valores)

- a) Escreva a expressão que traduz o teorema de Poynting. Indique qual é o significado físico global da expressão e de cada um dos seus termos.
- b) Considere um fio cilíndrico muito comprido, de comprimento  $L$ , que, submetido a uma diferença de potencial  $V$ , é percorrido por uma corrente contínua de intensidade  $I$ . Determine o vector de Poynting à superfície do fio. Utilize o teorema de Poynting para mostrar que a energia por unidade de tempo que atravessa a superfície do fio é igual a  $VI$ .

5. (4 valores)

- a) Escreva as expressões genéricas do campo elétrico e magnético para o caso de uma onda eletromagnética plana, monocromática, polarizada segundo o eixo dos  $yy$ , que se propaga segundo o eixo dos  $xx$  num meio material linear, homogéneo e transparente. Identifique todos os símbolos que utilizar. Recorrendo à Lei de Faraday, obtenha a relação entre as amplitudes dos dois campos.
- b) Calcule os elementos do tensor de Maxwell para a onda referida na alínea anterior. Que conclusão pode retirar relativamente à relação entre a densidade de fluxo de momento linear e a densidade de energia neste caso?

FIM