

Mestrado em Engenharia Civil
Licenciatura em Engenharia de Minas e Georecursos
Cadeira de Electromagnetismo e Óptica, 1º Sem. 2019/2020
Segundo Exame - 4 de Fevereiro de 2020
Duração do Exame: 3h
Duração da recuperação do teste 1 ou do teste 2: 90 min

Recuperação do Teste 1 – resolver só a Parte I (neste caso a cotação conta a dobrar).

Recuperação do Teste 2 – resolver só a Parte II (neste caso a cotação conta a dobrar).

Constantes: Permitividade eléctrica do vazio: $\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12} \text{ Fm}^{-1}$; Permeabilidade magnética do vazio: $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$

PARTE I

Problema I.1

O ar atmosférico ioniza-se e torna-se condutor quando sujeito a um campo eléctrico de módulo superior a 10^6 Vm^{-1} . Pretende carregar uma esfera eléctrica condutora com a carga de 2.5 nC .

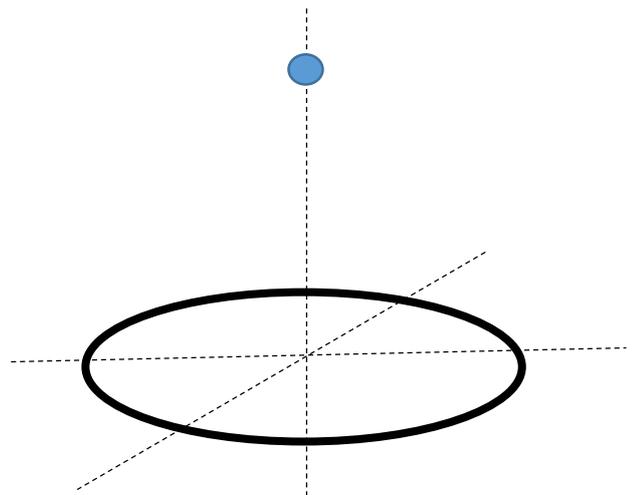
- a) [1.5] Qual o raio mínimo que a esfera deve ter, para que não ocorra a ionização do ar?

- b) [1.0] Se em vez de uma esfera se tratasse de um cubo com o mesmo volume, a carga máxima permitida seria maior ou menor? Justifique (não precisa fazer cálculos).

Problema I.2

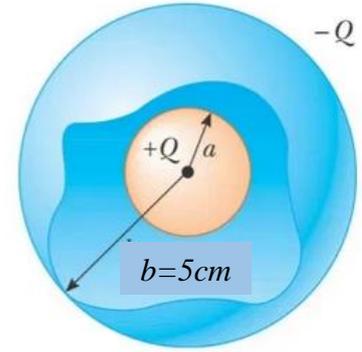
Uma carga pontual $Q = 1.5 \times 10^{-6} \text{ C}$ está situada sobre o eixo vertical de um anel com densidade linear de carga λ e com raio $R = 0.5 \text{ m}$, à distância $h = 0.7 \text{ m}$ do centro do anel. A carga, que tem a massa $m = 10^{-4} \text{ kg}$, está em levitação (o seu peso é cancelado pela repulsão electrostática). Considere $g = 9.8 \text{ ms}^{-2}$.

- a) [1.5] Calcule a densidade linear de carga do anel.
- b) [1.0] Calcule o trabalho que é necessário realizar para empurrar a carga desde o ponto onde se encontra até ao centro do anel.



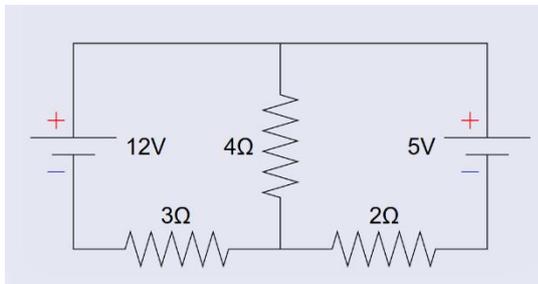
Problema I.3

Um condensador esférico tem as dimensões representadas na figura, e o espaço entre os condutores está preenchido por um dielétrico com permitividade $\epsilon = 25.0 \epsilon_0$. O condensador é ligado a uma fonte de tensão de $6.0V$ e o condutor positivo recebe a carga $Q = 2.0 \times 10^{-9}C$.



- [0.5] Qual a capacidade do condensador?
- [1.0] Escreva a expressão do vector campo eléctrico no dielétrico, substituindo todas as constantes por valores numéricos.
- [1.0] Calcule o raio a da esfera interior.

Problema I.4



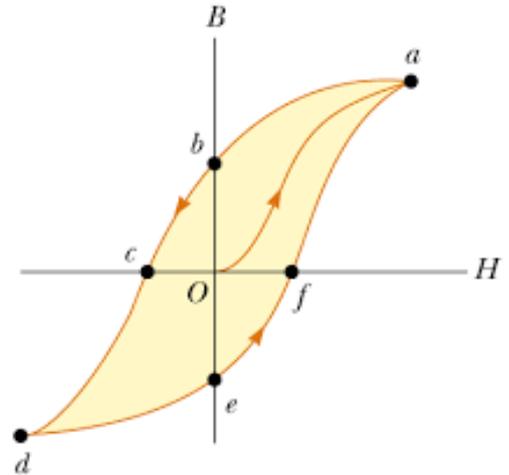
- [1.5] Calcule a corrente que circula em cada uma das resistências do circuito representado na figura.
- [1.0] Tendo em conta que a potência produzida em cada fonte de alimentação é igual ao produto da sua força electromotriz pela intensidade corrente que a atravessa, verifique que a energia se conserva.

PARTE II

Problema II.1

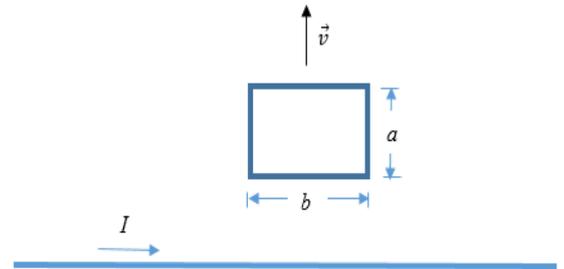
A figura ilustra a variação cíclica da indução magnética no interior de um material ferromagnético quando é sujeito a um campo magnético variável no tempo.

- [1.5] Descreva o que se passa no interior do material, a nível microscópico, nas diferentes fases do ciclo.
- [1.0] Qual o significado físico da área circunscrita pela linha?



Problema II.2

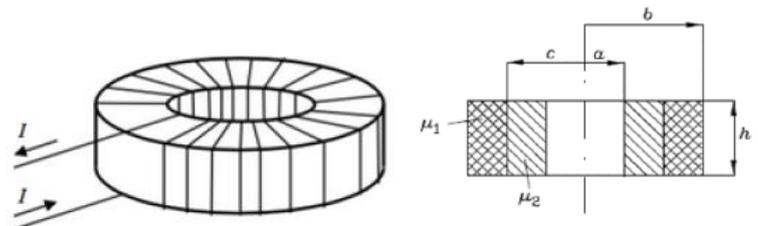
A espira rectangular representada na figura move-se com velocidade de módulo v em relação a um condutor rectilíneo contido no plano da espira. No condutor circula uma corrente de intensidade constante I , com o sentido indicado na figura. No instante $t = 0$ a distância entre o troço inferior da espira e o condutor é igual a a . Considere $v = 15\text{ms}^{-1}$, $a = 0.20\text{m}$, $b = 0.40\text{m}$ e $I = 5.0\text{A}$.



- [1.5] Sabendo que a espira tem a resistência de 1.5Ω , calcule a intensidade da corrente induzida que percorre a espira no instante $t = 2.0\text{s}$.
Sugestão: comece por calcular o fluxo da indução magnética através de uma faixa de largura infinitesimal dr , e em seguida tenha em conta que os limites de integração para calcular o fluxo através da espira são função de t . Ignore a auto-indução da espira.
- [1.0] Usando a lei de Lenz, diga qual o sentido da corrente induzida na espira, justificando.

Problema II.3

A bobina da figura é formada por 200 espiras de secção rectangular, em torno de um núcleo formado por dois materiais ferromagnéticos com permeabilidades magnéticas diferentes.



[2.5] Calcule a indutância da bobina, usando os seguintes valores: $a = 0.01\text{m}$; $b = 0.03\text{m}$; $c = 0.02\text{m}$; $h = 0.02\text{m}$; $\mu_1 = 4000\mu_0$; $\mu_2 = 8000\mu_0$.

Problema II.4

Uma onda electromagnética propaga-se num meio com permeabilidade magnética μ_0 e permitividade eléctrica $\varepsilon \neq \varepsilon_0$. O campo eléctrico é descrito por

$$\begin{aligned}E_x &= E_{x0} \sin(kz - 1.50 \times 10^9 t) \\E_y &= E_{y0} \cos(kz - 1.50 \times 10^9 t)\end{aligned}$$

com ; $E_{x0} = 5.0 \times 10^{-8} \text{ Vm}^{-1}$, $E_{y0} = 5.0 \times 10^{-8} \text{ Vm}^{-1}$ e $k = 6.5 \text{ m}^{-1}$

- [0.5] Qual o tipo de polarização da onda? Justifique.
- [0.5] Calcule a velocidade de propagação da onda.
- [1.0] Obtenha uma expressão para o campo magnético.
- [0.5] Calcule a intensidade da onda (energia que atravessa a unidade de área por unidade de tempo).