

# ELECTROMAGNETISMO & ÓPTICA

## MEC/LCEEGM/LCEET

### 8º Conjunto de problemas

#### 1. Auto-Indução e Indução Mútua

Considere uma bobine cilíndrica (solenóide) com 3 m de raio e 7 m de comprimento. Quando nela passam 5 000 A (continuamente), ela produz um campo magnético homogêneo no seu interior, no valor de 1.2 T. Qual a sua indutância?

Suponha que se coloca uma bobine (solenóide) de 1.5 m de raio e 7 m de comprimento, contendo 1000 espiras enroladas, dentro do solenóide anterior. Qual o coeficiente de indução mútua entre os dois solenóides?

Passa a circular corrente alterna no solenóide grande  $I = 5000 \cos(2,5 t)$ . Se o solenóide interior tiver uma resistência de 100 Ohm, qual a função do tempo  $I(t)$  da corrente nele induzida (despreze a auto-indução do solenóide interior)?

[R: Assumindo que o interior tem permeabilidade magnética  $\mu_0$ :  
 $L=9,1$  H;  $M=1,7$  H;  $I=212,07 \sin(2,5 t)$ ]

#### 2. Auto-Indução e Energia Magnética

Um toróide tem 50 espiras enroladas em torno de um núcleo de ar. O raio médio do toróide é  $R=0,5$  m, e a secção do toróide é circular de raio  $a=5$  cm.

Use a Lei de Ampère para calcular o campo em função da distância ao centro do toro, se circular uma corrente de 1 A nas espiras.

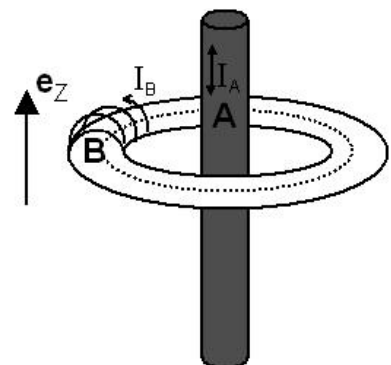
Calcule o coeficiente de auto-indução (ou indução própria), assumindo que  $R \gg a$ .

Se circular uma corrente de 2 A nas espiras, determine a energia armazenada no toróide.

[R:  $10/\pi$   $\mu$ T;  $R \gg a$ : 7,85  $\mu$ H; 15,7  $\mu$ J]

#### 3. Auto-Indução

Considere um cilindro condutor infinito A transportando uma corrente uniforme  $I_A=100$  A, tendo o cilindro um raio  $R=0,1$  m, e que é envolvido por um sistema B, constituído por um toro de material com permeabilidade magnética  $\mu_0$  envolto em 100 espiras condutoras. Considere que as espiras têm espessura desprezável e que cada espira transporta uma



corrente constante  $I_B = 1$  A segundo o sentido  $+\mathbf{e}_z$  na parte da espira mais próxima do eixo do cilindro A. Admita ainda que o raio médio do toro é  $R_T = 1$  m, que o raio da secção do toro é  $a = 0,1$  m, e que todas as espiras transportam a mesma corrente em todas as circunstâncias.

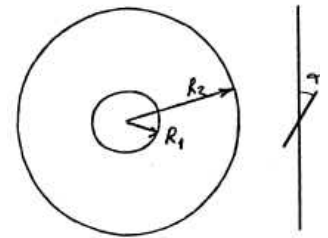
- a) Use a Lei de Ampère para calcular o campo magnético provocado pelo conjunto (cilindro A mais sistema toroidal B), no plano do toro (plano perpendicular ao eixo do toro e ao fio, e que divide o toro em duas partes iguais), em função da distância  $r$  ao eixo do cilindro e quando a corrente no cilindro tem o sentido  $+\mathbf{e}_z$  indicado na figura, e quando tem o sentido oposto (sentido:  $-\mathbf{e}_z$ ).

R: B( $\mu$ T)	$0 \leq r \leq 0,1$	$0,1 \leq r \leq 0,9$	$0,9 \leq r \leq 1,1$	$r \geq 1,1$
$+\mathbf{e}_z$	$2000 r$	$20/r$	$40/r$	$20/r$
$-\mathbf{e}_z$	$2000 r$	$20/r$	$0$	$20/r$

- b) Calcule o coeficiente de indução mútua dos dois sistemas, assumindo que o raio da secção do toro (a) é muito inferior ao raio médio do toro ( $R_T$ )? [R:  $M = 0,63 \mu\text{H}$ ]
- c) Se as espiras não estivessem fixas, nada as impediria de se aproximar ou de se afastar. Se não existisse o cilindro condutor A, qual a tendência? Justifique qualitativamente. Colocando agora o cilindro com uma grande corrente  $I = 10000$  A, nos sentidos  $+\mathbf{e}_z$  e  $-\mathbf{e}_z$ , diga em ambos os casos qual a tendência de aproximação/afastamento das espiras do toro (diminuindo/aumentando o raio médio), justificando qualitativamente e fazendo as aproximações que entender.

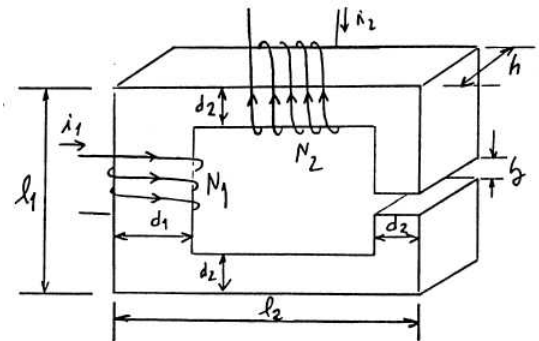
#### 4. Indução mútua (Problema nº 158 do {apoio})

Dois condutores circulares concêntricos de raios  $R_1$  e  $R_2$ , sendo  $R_1 \ll R_2$ , são colocados de forma a que os seus planos formem entre si um ângulo  $\alpha$ . Determine o coeficiente de indução mútua entre os dois circuitos em função do ângulo  $\alpha$ .



#### 5. Indução mútua e entreferro (problema nº 163 do {apoio})

Considere o circuito magnético da figura constituído por um material ferromagnético de permeabilidade magnética  $\mu = 8000\mu_0$ , e com as seguintes propriedades:  $N_1 = 100$ ,  $N_2 = 300$ ,  $i_1 = 2$  A,  $i_2 = 1$  A,  $h = 2$  cm,  $\delta$ (entreferro) = 1 mm,  $d_1 = 10$  cm,  $d_2 = 5$  cm,  $l_1 = 60$  cm,  $l_2 = 80$  cm.



- a) Diga quantos valores diferentes de  $\mathbf{B}$  e  $\mathbf{H}$  existem ao longo da linha de força média. [R: 2 e 3, respectivamente]
- b) Calcule os valores de  $\mathbf{B}$  e  $\mathbf{H}$  ao longo da linha de força média. [R: zonas 1,2, $\delta$  –  $B_1 = 0,049$  T,  $H_1 = 4,87$  A/m;  $B_2 = 0,098$  T,  $H_2 = 9,73$  A/m;  $B_\delta = B_2$ ,  $H_\delta = 7,79 \times 10^4$  A/m]
- c) Determine o coeficiente de indução mútua entre os dois enrolamentos. [R:  $M = 29,3$  mH]