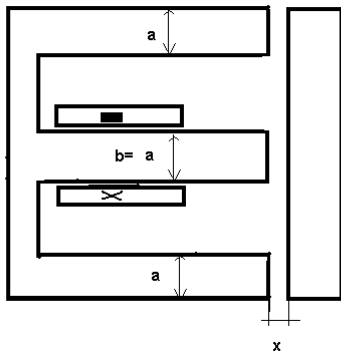
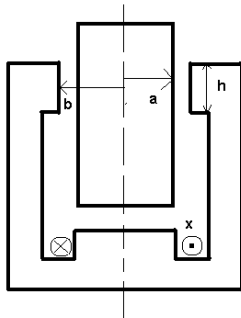


1- A figura abaixo mostra o corte de um eletroímã, cuja profundidade é igual a  $w$ . A bobina possui  $N$  espiras e é percorrida por corrente contínua de valor  $I$ . Admita que o material ferromagnético possua permeabilidade infinita. Determine:



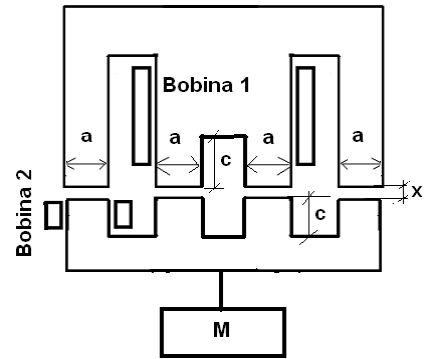
- O fluxo em cada entreferro em função das dimensões;
- A energia magnética armazenada em cada um dos entreferros;
- A força desenvolvida em cada entreferro sobre a parte móvel;
- A indutância da bobina;
- O projeto do eletroímã foi alterado de tal forma que a dimensão  $b$  passou a valer  $2a$ . Qual a principal vantagem deste segundo projeto? Analise do ponto de vista do fluxo, da indução magnética e da força desenvolvida em cada um dos entreferros.

2- O eletroímã da figura abaixo é mostrado em corte, mas possui simetria axial. Ele é alimentado com corrente contínua de valor  $I$ . O número de espiras da bobina é igual à  $N$ . Admita que o material ferromagnético possua permeabilidade infinita. Determine, em função da posição  $x$ :



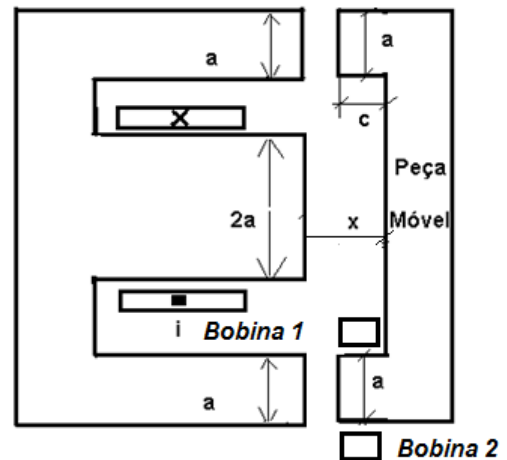
- a relutância do circuito magnético
 
$$\mathfrak{R} = \frac{x}{\mu_0 \pi a^2} + \frac{\ln\left(\frac{b}{a}\right)}{2\mu_0 \pi h} = kx + w$$
- o fluxo na bobina;  $NI/(kx + w)$
- o valor da energia magnética armazenada no circuito magnético;
 
$$W_{mag} = \frac{1}{2} \frac{(Ni)^2}{(kx + w)}$$
- o valor da indutância da bobina;  $L = N^2/(kx + w)$
- a força que atua sobre o êmbolo.  $(f = -\frac{1}{2}(Ni)^2 \frac{k}{(kx + w)^2})$
- Existe alguma condição em que o sistema produza força de repulsão? Tente explicar tanto através de análise de expressões matemáticas, como fisicamente.

3- O eletroímã cuja seção transversal é mostrada na figura ao lado possui profundidade igual de valor  $b$ . Admita que o espraiamento de fluxo possa ser desprezado e que a permeabilidade do material ferromagnético possa ser assumida infinita. Suponha que o valor de  $c$  seja bem maior que  $a$ . Solicita-se:



- O valor da indutância própria da bobina 1, que possui  $N_1$  espiras.  $\left(\frac{N_1^2 \mu_0 ab}{x}\right)$
- O valor da indutância própria da bobina 2, que possui  $N_2$  espiras.  $\left(\frac{3 N_2^2 \mu_0 ab}{4 x}\right)$
- O valor da força desenvolvida sobre a parte móvel, quando a bobina 1 é percorrida por corrente  $I$  e que a bobina 2 esteja em aberto.  $\left(f = -\frac{1 N_1^2 I^2 \mu_0 ab}{2 x^2}\right)$
- O valor da força desenvolvida sobre a parte móvel, quando a bobina 2 é percorrida por corrente  $I$  e que a bobina 1 esteja em aberto.  $\left(f = -\frac{3 N_2^2 I^2 \mu_0 ab}{8 x^2}\right)$
- Admita neste item que a dimensão  $c$  passe a valer zero e que as dimensões  $a$ ,  $w$  e  $b$  se mantenham. Calcule o novo valor da força desenvolvida sobre a parte móvel, quando *somente a bobina 1* é percorrida por corrente  $I$ .  $\left(f = -\frac{3 N_1^2 I^2 \mu_0 ab}{5 x^2}\right)$

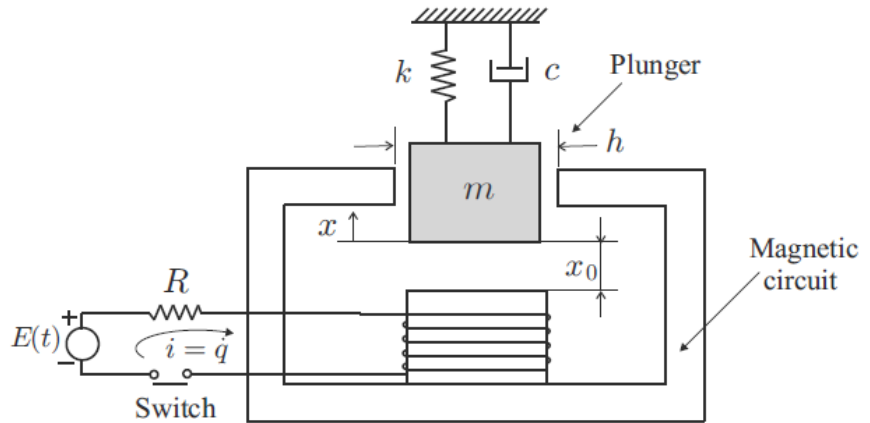
4- A figura ao lado mostra o corte de um eletroímã, cuja profundidade é igual a  $w$ . As duas bobinas possuem  $N$  espiras. Admita que a bobina 1 é percorrida por corrente contínua de valor  $I$  e que o material ferromagnético possua permeabilidade infinita e que o espraiamento de fluxo é desprezível.



- Faça um esboço das linhas de campo neste dispositivo, quando somente a bobina 1 está energizada.
- Determine a indutância própria da bobina 1;  $L_1 = \frac{N^2}{2x-c} 2\mu_0 wa$
- Determine a mútua indutância entre estas duas bobinas  $M = \frac{N^2 \mu_0 wa}{2x-c}$
- Sem calcular o valor da indutância própria da bobina 2 ( $L_2$ ), justifique fisicamente por qual motivo a expressão  $L_1 L_2 = M^2$  é falsa neste caso. (dica: veja as linhas de campo que foram traçadas no item a), para auxiliar a justificativa de sua afirmação)
- Calcule a força desenvolvida sobre a peça móvel, quando circula corrente  $I$  pela bobina 1 e a bobina 2 está em aberto.  $f = -\frac{1}{2} i^2 \frac{N^2}{(2x-c)^2} 4\mu_0 wa$
- Analise o caso em que  $x = c$ . Qual o valor do fluxo e da densidade de fluxo em cada um dos entreferros? Sabendo-se que para cada entreferro a expressão  $f = \frac{1}{2} \frac{B_{\text{entreferro}}^2 S}{\mu_0}$  é válida, compare com o resultado obtido no item anterior.

5- O esquema ao lado ilustra o mecanismo de um acionamento eletromecânico de relés. O entreferro nominal do mecanismo é  $x_0$ , quando a corrente é nula. Quando a chave é fechada, a corrente na bobina atrai a massa  $m$  para fechar o circuito magnético

em  $x = -x_0$ . Encontre, mas não resolva, as equações que representam a dinâmica desse mecanismo, se a indutância dele em função de  $x$  pode ser modelada por  $L(x) = \frac{L_0}{1 + \frac{x_0+x}{h}}$ . Escreva para isto as equações diferenciais elétricas e mecânicas, bem como as equações correlatas à conversão eletromecânica de energia.



6- O dispositivo da figura é simplesmente excitado através de uma bobina. Determine a força sobre a parte móvel.

