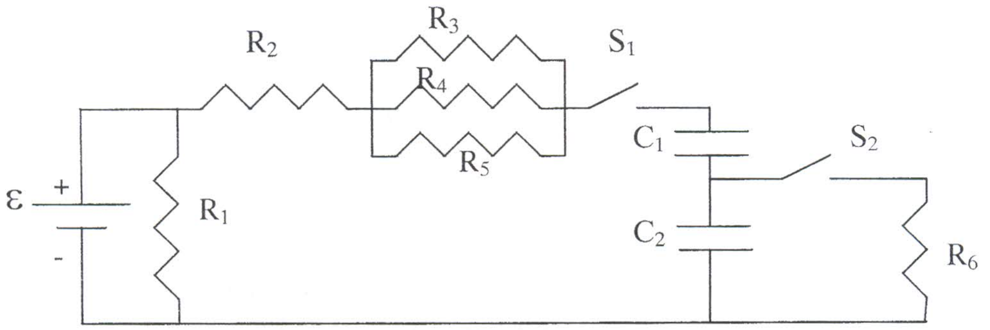
1ª Questão: (3.5)

No circuito abaixo os capacitores C_1 e C_2 estão inicialmente descarregados e ocorrem as seguintes fases sucessivas:
Fase1: chaves S_1 e S_2 abertas
Fase2 : chave S_1 fechada e S_2 continua aberta. Assim se mantém por longo tempo.
Fase3 : chave S_1 aberta e S_2 fechada. Assim se mantém por longo tempo.



Considerando ε = 10 V, R_2 = 500 Ω, $R_1 = R_3 = R_4 = R_5$ = 1,5 KΩ, R_6 =2MΩ, C_1 = 1 μF e C_2 idêntico em formato e dimensões a C_1 porém com um meio cuja constante dielétrica é 4 vezes maior, determine, justificando todos os itens:

a) **(0.4)** A corrente em R_2 e a d.d.p. em C_1 e C_2 na fase 1.
b) **(0.4)** A potência consumida por R_1 na fase 1.
c) **(0.4)** A corrente em R_2 no início e final da fase 2.
d) **(0.5)** As cargas adquiridas por C_1 e C_2 no final da fase 2.
e) **(0.5)** A intensidade e o sentido da corrente em R_6 no início da fase 3.
f) **(0.4)** O instante do tempo em que a corrente em R_6 é igual a 1/e do seu valor inicial.
g) **(0.5)** A energia dissipada em R_6 na forma de calor.
h) **(0.4)** A carga em C_1 e C_2 no final da fase 3.

Solução

a) Chave S_1 aberta ⇒ malha de R_2 aberta ⇒ **I =0** ; $q_1=q_2 = 0 \Rightarrow$ $\mathbf{V_{C1}= q_1/C_1= 0}$ **e** $\mathbf{V_{C2}= q_2/C_2= 0}$

b) $P= \varepsilon^2 /R_1$ = 100/1500= **0,067 W**

c) **Início da fase 2** : $Q_1=Q_2 = 0 \Rightarrow C_1$ e C_2 como **"curtos"** ⇒ $\mathbf{I=\varepsilon / R_{eq}}$
$R_{eq} = R_2 + R'$; $1/R' = 1/ R_3 +1/ R_4 +1/ R_5 = 1/500$; **I=10/1000=0,01A**
Final da fase 2: C_1 e C_2 com cargas plenas ⇒ como **"abertos"** ⇒ **I=0**

d) **Final da fase 2 : capacitores plenamente carregados**
C_1 e C_2 em série ⇒ $Q_1=Q_2 = Q_{eq}$; **Final da fase 2** : $\mathbf{Q_1=Q_2 = Q_{eq} = \varepsilon \times C_{eq}}$
$1/C_{eq} = 1/C_1 + 1/C_2$; $\mathbf{C_2 = 4C_1}$ = 4μF ; $C_{eq} = 0,8 \times 10^{-6}$ F ⇒ $\mathbf{Q_1=Q_2 = 8x10^{-6}}$ **C**

e) **Início da fase 3 :** $\mathbf{I = V_{C2} / R_6 = 2 /(2 \times 10^6) = 10^{-6}}$ **A com sentido horário.**
$V_{C2} = Q_2/ C_2 = 8x10^{-6} / 4x10^{-6} = 2$ V

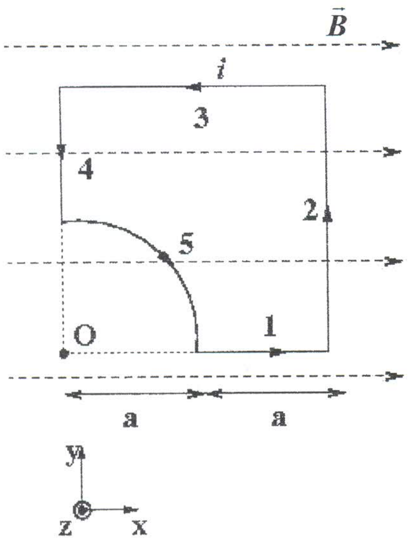
f) **Fase 3 : descarregamento de C_2 ⇒ $\mathbf{t = \tau = R_6 C_2 = 8}$ s**

g) $\mathbf{U_E}$ = $1/ 2 \ (Q_{2}max)^2 / C_2 = 1/2 \ (8 \times 10^{-6})^2 / 4x10^{-6}$ = $\mathbf{8 \times 10^{-6}}$ **J**

h) **C_1 com carga do final da fase 2: $\mathbf{Q_1}$ = : $\mathbf{8x10^{-6}}$ C e C_2 totalmente descarregado**

2^a Questão: (3.5)

Seja a espira mostrada na figura ao lado, que está no plano xy e na qual passa uma corrente $\boldsymbol{i}$ no sentido anti-horário.



Parte I:

Considere que a espira está numa região onde há um campo magnético uniforme $\vec{B} = B_0\,\hat{x}$.

a) (**0.6**) Obtenha a força magnética (**vetor!**) sofrida por cada trecho retilíneo de corrente (1, 2, 3, 4). Represente cada uma delas nos lados correspondentes da espira.

b) (**1.0**) Para o trecho 5 (1/4 círculo) explicite o **vetor** dl e a força **dF** num ponto genérico sobre o arco. Então calcule a força total neste trecho.

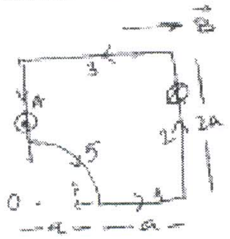
Parte II:

Considere agora que o campo externo $\vec{B}$ seja desligado. Calcule o campo magnético gerado por cada trecho da espira no ponto O, **explicitamente a partir da lei de Biot-Savart.**

Faça por partes:

c) (**0.4**) Encontre os campos gerados pelos trechos 1 e 4 em O.
d) (**0.5**) Encontre o campo gerado pelo trecho 5 em O.
e) (**1.0**) Encontre os campos gerados pelos trechos 2 e 3 em O.

2ª QUESTÃO



a) [0,6]

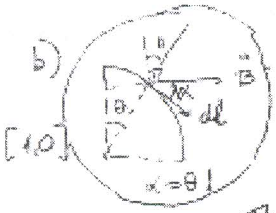
$\vec{F}_1 = i(a\,\hat{x}) \times B(\hat{x}) = 0$

$\vec{F}_2 = i(2a\,\hat{y}) \times B(\hat{x}) = -2iaB\,\hat{z}$

$\vec{F}_3 = i(-2a\,\hat{x}) \times B(\hat{x}) = 0$

$\vec{F}_4 = i(-a\,\hat{y}) \times B(\hat{x}) = iaB\,\hat{z}$

b) [1,0]



$d\vec{l} = a\,d\theta\,(\cos\theta\,\hat{x} - \operatorname{sen}\theta\,\hat{y})$

$d\vec{F}_5 = i\,d\vec{l} \times \vec{B} = ia\,d\theta\,(B\cos\theta\,\cancel{\hat{x}\times\hat{x}}^{\,0} - B\operatorname{sen}\theta\,\underbrace{\hat{y}\times\hat{x}}_{-\hat{z}})$

$= iaB\,d\theta\,(\operatorname{sen}\theta\,\hat{z})$

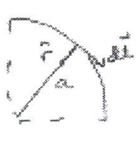
$\vec{F}_5 = \int_0^{\pi/2} iaB\operatorname{sen}\theta\,d\theta\,\hat{z} = iaB\,\hat{z}$

c) [0,4]

$d\vec{B}_1 = \frac{\mu_0}{4\pi} i \frac{d\vec{x} \times (-\hat{x})}{x^2} = 0 \quad \Longrightarrow \quad \vec{B}_1 = \vec{B}_4 = 0$

$d\vec{B}_4 = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{(-dy\,\hat{y}) \times (-\hat{y})}{y^2} = 0$

d) [0,5]



$d\vec{B}_5 = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{d\vec{l} \times \hat{r}}{a^2} = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \frac{a\,d\theta}{a^2} (-\hat{z})$

$\vec{B}_5 = \frac{\mu_0 i}{4\pi a} \int_0^{\pi/2} d\theta\,(-\hat{z}) \Rightarrow \vec{B}_5 = \frac{\mu_0 i}{8a} (-\hat{z})$