

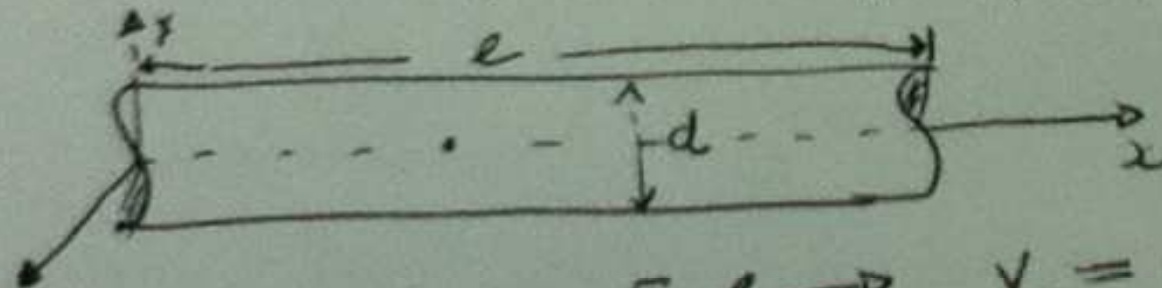
Nome: \_\_\_\_\_ X X X RA: \_\_\_\_\_ X X Turma: \_\_\_\_\_ X

**Questão 01**

Um fio cilíndrico está ao longo do eixo  $x$ , tem comprimento  $l$ , diâmetro  $d$  e resistividade  $\rho$ , sendo este material um condutor ôhmico. Considere que o potencial é  $V(x=0)=V_0$  e  $V(x=l)=0$ . Em termos de  $l$ ,  $d$ ,  $V_0$ ,  $\rho$  e constantes físicas, deduza expressões para :

- o campo elétrico no fio; (0,5 ponto)
- a resistência elétrica do fio; (0,5 ponto)
- a corrente no fio; (0,5 ponto)
- a densidade de corrente; (0,5 ponto)
- qual é a expressão do campo elétrico em função de  $\rho$  e  $J$ ? (0,5 ponto)

(a)



material ôhmico  
 $V(0)=V_0$ ;  $V(l)=0$ .

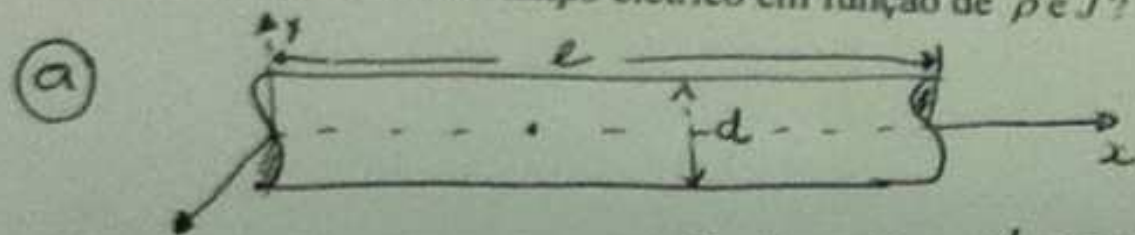
$$V(l) - V(0) = -E \cdot l \rightarrow V_0 = E \cdot l$$

$$E = V_0 / l \rightarrow \vec{E} = E \hat{x}$$

(b)

$$R = \rho \frac{l}{A} \rightarrow R = 4\rho l / \pi d^2$$

- a) o campo elétrico no fio; (0,5 ponto)  
 b) a resistência elétrica do fio; (0,5 ponto)  
 c) a corrente no fio; (0,5 ponto)  
 d) a densidade de corrente; (0,5 ponto)  
 e) qual é a expressão do campo elétrico em função de  $\rho$  e  $J$ ? (0,5 ponto)



material ôhmico  
 $V(0) = V_0$ ;  $V(l) = 0$ .

$$V(l) - V(0) = -E \cdot l \rightarrow V_0 = E l$$

$$E = V_0 / l \rightarrow \vec{E} = E \hat{x}$$

(b)

$$R = \rho \frac{l}{A} \rightarrow R = \frac{4 \rho l}{\pi d^2}$$

(c) material ôhmico  $V = R I \rightarrow I = \frac{\pi V_0 d^2}{4 \rho l}$

(d)

$$I = \int \vec{J} \cdot d\vec{A} \rightarrow I = J A \rightarrow J = \frac{V_0}{\rho l}$$

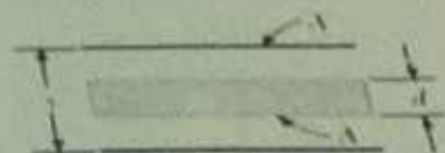
(e)

$$E = \rho J \Rightarrow \vec{E} = \rho J \hat{x}$$



**Questão 02**

Um capacitor de placas paralelas, de área  $A$  e separação  $s$ , é originalmente carregado com carga  $Q_0$ . Desligando-se a bateria, uma lâmina dielétrica de espessura  $d$  ( $d < s$ ) e constante dielétrica  $\kappa$  é então inserida entre as placas do capacitor. Calcule:



- o vetor  $\vec{E}$  no interior do dielétrico; (1,0 ponto)
- a capacitância deste capacitor; (0,5 ponto)
- a diferença de potencial entre as placas do capacitor; (0,5 ponto)
- o valor da densidade superficial de carga  $\sigma'$  induzida nas paredes do dielétrico. (0,5 ponto)

①  $E_d = E_0 / \kappa$

$$\oint \vec{E}_0 \cdot d\vec{A} = Q_0 / \epsilon_0 \rightarrow E_d = \frac{Q_0}{\epsilon_0 A \kappa} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 \kappa}$$

$$\boxed{\vec{E} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 \kappa} \hat{e}^1}$$

é da placa de cargas positivas p/ a  
" " " negativos

- ② Dois capacitores em série com área  $A$  e espessura  $s-d$ , meio vácuo e outro área  $A$ , espessura  $d$  e meio dielétrico  $\kappa$ .

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad s-d \quad d \quad = \frac{1}{\epsilon_0} \left[ \frac{(s-d)}{\kappa} + \frac{d}{1} \right]$$

$$\oint \vec{E}_0 \cdot d\vec{A} = Q_0/\epsilon_0 \rightarrow E_d = \frac{Q_0}{\epsilon_0 A K} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 K}$$

$$\vec{E} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 k} \hat{r}$$

é da placa de cargas positivas p/ a  
" " " negativas

- (b) Dois capacitores em série com área  $A$  e espessuras  $d$ ,  $2d$ ,  $3d$ ,  $4d$ ,  $5d$ ,  $6d$ ,  $7d$ ,  $8d$ ,  $9d$ ,  $10d$ ,  $11d$ ,  $12d$ ,  $13d$ ,  $14d$ ,  $15d$ ,  $16d$ ,  $17d$ ,  $18d$ ,  $19d$ ,  $20d$ ,  $21d$ ,  $22d$ ,  $23d$ ,  $24d$ ,  $25d$ ,  $26d$ ,  $27d$ ,  $28d$ ,  $29d$ ,  $30d$ ,  $31d$ ,  $32d$ ,  $33d$ ,  $34d$ ,  $35d$ ,  $36d$ ,  $37d$ ,  $38d$ ,  $39d$ ,  $40d$ ,  $41d$ ,  $42d$ ,  $43d$ ,  $44d$ ,  $45d$ ,  $46d$ ,  $47d$ ,  $48d$ ,  $49d$ ,  $50d$ ,  $51d$ ,  $52d$ ,  $53d$ ,  $54d$ ,  $55d$ ,  $56d$ ,  $57d$ ,  $58d$ ,  $59d$ ,  $60d$ ,  $61d$ ,  $62d$ ,  $63d$ ,  $64d$ ,  $65d$ ,  $66d$ ,  $67d$ ,  $68d$ ,  $69d$ ,  $70d$ ,  $71d$ ,  $72d$ ,  $73d$ ,  $74d$ ,  $75d$ ,  $76d$ ,  $77d$ ,  $78d$ ,  $79d$ ,  $80d$ ,  $81d$ ,  $82d$ ,  $83d$ ,  $84d$ ,  $85d$ ,  $86d$ ,  $87d$ ,  $88d$ ,  $89d$ ,  $90d$ ,  $91d$ ,  $92d$ ,  $93d$ ,  $94d$ ,  $95d$ ,  $96d$ ,  $97d$ ,  $98d$ ,  $99d$ ,  $100d$ ,  $101d$ ,  $102d$ ,  $103d$ ,  $104d$ ,  $105d$ ,  $106d$ ,  $107d$ ,  $108d$ ,  $109d$ ,  $110d$ ,  $111d$ ,  $112d$ ,  $113d$ ,  $114d$ ,  $115d$ ,  $116d$ ,  $117d$ ,  $118d$ ,  $119d$ ,  $120d$ ,  $121d$ ,  $122d$ ,  $123d$ ,  $124d$ ,  $125d$ ,  $126d$ ,  $127d$ ,  $128d$ ,  $129d$ ,  $130d$ ,  $131d$ ,  $132d$ ,  $133d$ ,  $134d$ ,  $135d$ ,  $136d$ ,  $137d$ ,  $138d$ ,  $139d$ ,  $140d$ ,  $141d$ ,  $142d$ ,  $143d$ ,  $144d$ ,  $145d$ ,  $146d$ ,  $147d$ ,  $148d$ ,  $149d$ ,  $150d$ ,  $151d$ ,  $152d$ ,  $153d$ ,  $154d$ ,  $155d$ ,  $156d$ ,  $157d$ ,  $158d$ ,  $159d$ ,  $160d$ ,  $161d$ ,  $162d$ ,  $163d$ ,  $164d$ ,  $165d$ ,  $166d$ ,  $167d$ ,  $168d$ ,  $169d$ ,  $170d$ ,  $171d$ ,  $172d$ ,  $173d$ ,  $174d$ ,  $175d$ ,  $176d$ ,  $177d$ ,  $178d$ ,  $179d$ ,  $180d$ ,  $181d$ ,  $182d$ ,  $183d$ ,  $184d$ ,  $185d$ ,  $186d$ ,  $187d$ ,  $188d$ ,  $189d$ ,  $190d$ ,  $191d$ ,  $192d$ ,  $193d$ ,  $194d$ ,  $195d$ ,  $196d$ ,  $197d$ ,  $198d$ ,  $199d$ ,  $200d$ ,  $201d$ ,  $202d$ ,  $203d$ ,  $204d$ ,  $205d$ ,  $206d$ ,  $207d$ ,  $208d$ ,  $209d$ ,  $210d$ ,  $211d$ ,  $212d$ ,  $213d$ ,  $214d$ ,  $215d$ ,  $216d$ ,  $217d$ ,  $218d$ ,  $219d$ ,  $220d$ ,  $221d$ ,  $222d$ ,  $223d$ ,  $224d$ ,  $225d$ ,  $226d$ ,  $227d$ ,  $228d$ ,  $229d$ ,  $230d$ ,  $231d$ ,  $232d$ ,  $233d$ ,  $234d$ ,  $235d$ ,  $236d$ ,  $237d$ ,  $238d$ ,  $239d$ ,  $240d$ ,  $241d$ ,  $242d$ ,  $243d$ ,  $244d$ ,  $245d$ ,  $246d$ ,  $247d$ ,  $248d$ ,  $249d$ ,  $250d$ ,  $251d$ ,  $252d$ ,  $253d$ ,  $254d$ ,  $255d$ ,  $256d$ ,  $257d$ ,  $258d$ ,  $259d$ ,  $260d$ ,  $261d$ ,  $262d$ ,  $263d$ ,  $264d$ ,  $265d$ ,  $266d$ ,  $267d$ ,  $268d$ ,  $269d$ ,  $270d$ ,  $271d$ ,  $272d$ ,  $273d$ ,  $274d$ ,  $275d$ ,  $276d$ ,  $277d$ ,  $278d$ ,  $279d$ ,  $280d$ ,  $281d$ ,  $282d$ ,  $283d$ ,  $284d$ ,  $285d$ ,  $286d$ ,  $287d$ ,  $288d$ ,  $289d$ ,  $290d$ ,  $291d$ ,  $292d$ ,  $293d$ ,  $294d$ ,  $295d$ ,  $296d$ ,  $297d$ ,  $298d$ ,  $299d$ ,  $300d$ ,  $301d$ ,  $302d$ ,  $303d$ ,  $304d$ ,  $305d$ ,  $306d$ ,  $307d$ ,  $308d$ ,  $309d$ ,  $310d$ ,  $311d$ ,  $312d$ ,  $313d$ ,  $314d$ ,  $315d$ ,  $316d$ ,  $317d$ ,  $318d$ ,  $319d$ ,  $320d$ ,  $321d$ ,  $322d$ ,  $323d$ ,  $324d$ ,  $325d$ ,  $326d$ ,  $327d$ ,  $328d$ ,  $329d$ ,  $330d$ ,  $331d$ ,  $332d$ ,  $333d$ ,  $334d$ ,  $335d$ ,  $336d$ ,  $337d$ ,  $338d$ ,  $339d$ ,  $340d$ ,  $341d$ ,  $342d$ ,  $343d$ ,  $344d$ ,  $345d$ ,  $346d$ ,  $347d$ ,  $348d$ ,  $349d$ ,  $350d$ ,  $351d$ ,  $352d$ ,  $353d$ ,  $354d$ ,  $355d$ ,  $356d$ ,  $357d$ ,  $358d$ ,  $359d$ ,  $360d$ ,  $361d$ ,  $362d$ ,  $363d$ ,  $364d$ ,  $365d$ ,  $366d$ ,  $367d$ ,  $368d$ ,  $369d$ ,  $370d$ ,  $371d$ ,  $372d$ ,  $373d$ ,  $374d$ ,  $375d$ ,  $376d$ ,  $377d$ ,  $378d$ ,  $379d$ ,  $380d$ ,  $381d$ ,  $382d$ ,  $383d$ ,  $384d$ ,  $385d$ ,  $386d$ ,  $387d$ ,  $388d$ ,  $389d$ ,  $390d$ ,  $391d$ ,  $392d$ ,  $393d$ ,  $394d$ ,  $395d$ ,  $396d$ ,  $397d$ ,  $398d$ ,  $399d$ ,  $400d$ ,  $401d$ ,  $402d$ ,  $403d$ ,  $404d$ ,  $405d$ ,  $406d$ ,  $407d$ ,  $408d$ ,  $409d$ ,  $410d$ ,  $411d$ ,  $412d$ ,  $413d$ ,  $414d$ ,  $415d$ ,  $416d$ ,  $417d$ ,  $418d$ ,  $41$

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{s-d}{\epsilon_0 A} + \frac{d}{K \epsilon_0 A} = \frac{1}{K \epsilon_0 A} [(s-d)K + d]$$

$$C_{ef} = \frac{K \epsilon_0 A}{(s-d)K + d} \rightarrow \boxed{C = \frac{K \epsilon_0 A}{(s-d)K + d}}$$

- (c)  $V = E_0(s-d) + E_d d = E_0(s-d) + E_0 \frac{d}{K} = \frac{Q_0}{\epsilon_0 A K} \left[ (\epsilon-d)x + d \right]$

$$V = \frac{Q_0}{\epsilon_0 A K} [(s-d)K + d]$$

- (d)
- $$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = (Q_0 + q')/\epsilon_0$$
- $$\oint E_0 \cdot d\vec{A} = Q_0/\epsilon_0$$
- $$E = E_0/K$$
- $$E = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 K} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} + \frac{\sigma'}{\epsilon_0}$$
- $$\sigma' = \frac{\sigma_0}{K} - \sigma_0 = -\left(\frac{K-1}{K}\right)\sigma_0$$

$$E = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 k} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} + \frac{\sigma'}{\epsilon_0}$$

$$\sigma' = \frac{\sigma_0}{k} - \sigma_0 = -\left(\frac{k-1}{k}\right)\sigma_0$$

Dois copos tem um comprimento  $l$  com área  $A$  e espessura  $s-d$ , meio vácuo e outro área  $A$ , espessura  $d$  e meio dielétrico  $K$ .

$$\frac{1}{C_{ef}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{s-d}{\epsilon_0 A} + \frac{d}{K \epsilon_0 A} = \frac{1}{K \epsilon_0 A} [(s-d)K + d]$$

$$C_{ef} = \frac{K \epsilon_0 A}{(s-d)K + d} \rightarrow \boxed{C = \frac{K \epsilon_0 A}{(s-d)K + d}}$$

c)  $V = E_0(s-d) + E_d d = E_0(s-d) + E_0 \frac{d}{K} = \frac{Q_0}{\epsilon_0 A K} [(s-d)K + d]$

$$\boxed{V = \frac{Q_0}{\epsilon_0 A K} [(s-d)K + d]}$$

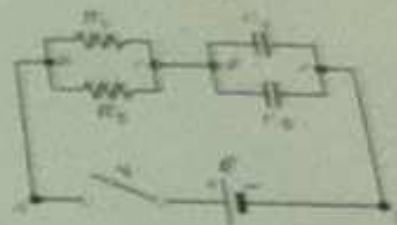
d)  $\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = (Q_0 + q')/\epsilon_0$   $E = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0 K} = \frac{\sigma_0}{\epsilon_0} + \frac{\sigma'}{\epsilon_0}$   
 $\oint E_0 \cdot d\vec{A} = Q_0/\epsilon_0$   
 $E = E_0/K$   $\sigma' = \frac{\sigma_0}{K} - \sigma_0 = -\left(\frac{K-1}{K}\right)\sigma_0$

$$\boxed{\sigma' = -\frac{K-1}{K}\sigma_0}$$



### Questão 03

O circuito da figura contém dois resistores  $R_1$  e  $R_2$  e dois capacitores  $C_1$  e  $C_2$  e o conjunto é ligado a uma bateria de fem  $\mathcal{E}$ . Antes de a chave  $S$  ser ligada, os capacitores estão descarregados.



- determine a constante de tempo deste circuito; (0,5 ponto)
- determine a corrente que atravessa a bateria em função do tempo após o fechamento de  $S$ ; (0,5 ponto)
- determine a ddp entre os pontos  $b$  e  $c$  em função do tempo; (0,5 ponto)
- com  $S$  fechada por um longo tempo, quais são as cargas nos capacitores  $C_1$  e  $C_2$ ? (1,0 ponto)

$$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad ; \quad C_{eq} = C_1 + C_2$$

$$\textcircled{a} \text{ circuito RC} \rightarrow \mathcal{E} - R_{eq} i - \frac{q}{C_{eq}} = 0 \rightarrow q(t) = Q \left( 1 - e^{-\frac{t}{R_{eq} C_{eq}}} \right)$$

$$\tau = R_{eq} C_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2)$$

$\textcircled{b}$  constante solucap da eq. da malha  $\rightarrow$

$$i(t) = \frac{d q(t)}{dt} = \frac{Q}{R_{eq} C_{eq}} e^{-\frac{t}{R_{eq} C_{eq}}}$$

Assim da condicão  $t \rightarrow \infty$ ,  $\frac{dq}{dt} = 0 \rightarrow Q = C_{eq} \mathcal{E}$

$$\tau = R_{eq} C_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} (C_1 + C_2)$$

b) constante solicitada da eq. de malha  $\rightarrow$

$$i_b(t) = d q(t) / dt = \frac{Q}{R_{eq} C_{eq}} e^{-\frac{t}{R_{eq} C_{eq}}}$$

Quando da condição  $t \rightarrow \infty$ ,  $\frac{dq}{dt} = 0 \Rightarrow Q = C_{eq} E$

$$i_b(t) = \frac{C_{eq} E}{R_{eq}} e^{-\frac{t}{R_{eq} C_{eq}}} \rightarrow i_b(t) = \frac{(R_1 + R_2) E}{R_1 R_2} e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)} t}$$

c) dif. de potencial entre b e c.

$$R_1 i_1 = R_2 i_2 \rightarrow i_2 = \frac{R_1}{R_2} i_1$$

$$i_1 + i_2 = i_b \Rightarrow i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i_b(t) \rightarrow e_1(t) = \frac{E}{R_1} e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)} t}$$

$$V_{bc} = R_2 i_2 = E e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)} t}$$

d) longo tempo  $i_b(t) = 0 \Rightarrow C_1 \parallel C_2 \parallel C \Rightarrow$

À l'infini de la condition  $t \rightarrow \infty$ ,  $\frac{dq}{dt} = 0 \Rightarrow \boxed{Q = C_0 E}$

$$i_b(t) = \frac{C_0 E}{R_0} e^{-\frac{t}{R_0 C_0}} \rightarrow \boxed{i_b(t) = \frac{(R_1 + R_2) E}{R_1 R_2} e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)} t}}$$

③ Différentiel potentiel résistive sec.

$$R_1 i_1 = R_2 i_2 \rightarrow i_2 = \frac{R_1}{R_2} i_1$$

$$i_1 + i_2 = i_b \Rightarrow \boxed{i_1 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} i_b(t)} \rightarrow \boxed{i_1(t) = \frac{E}{R_1} e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)} t}}$$

$$\boxed{V_{bc} = R_2 i_2 = E e^{-\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 (C_1 + C_2)} t}}$$

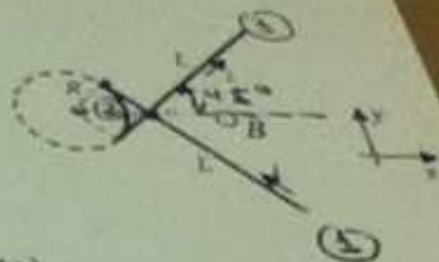
④ Longs temps  $i_b(t) = 0 \Rightarrow C_1 \parallel C_2 \parallel C \Rightarrow$

$$V_{oe} = E \text{ e portanto } \boxed{Q_1 = E C_1 \text{ e } Q_2 = E C_2}$$



**Questão 04**

A figura abaixo mostra um fio que conduz uma corrente  $i$ . Ele é formado por dois trechos retilíneos de comprimento  $L$ , ambos tangentes à mesma circunferência de raio  $R$ , e por um arco desta circunferência que subtende um ângulo central de  $90^\circ$ , conforme figura abaixo. O fio está numa região onde existe um campo magnético  $\vec{B}$  uniforme, perpendicular ao plano da página e orientado para fora dela.



- calcule o vetor força magnética que age sobre cada segmento de fio retilíneo; (1,0 ponto)
- calcule o vetor força magnética que age sobre a parte circular; (1,0 ponto)
- calcule a força resultante que age sobre o fio. (0,5 ponto)

Força sobre segmento de fio

$$d\vec{F} = i d\vec{l} \times \vec{B}$$

a) sobre o segmento 1  $\rightarrow \vec{F}_1 = i \int_{\text{fio}} d\vec{l} \times \vec{B} = iB \int_{\text{fio}} (-\hat{x} + \hat{y}) \frac{\sqrt{2}}{2} dl \times \hat{z}$

$$\vec{F}_1 = iB \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{y} + \hat{x})L \rightarrow \boxed{\vec{F}_1 = iLB \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} + \hat{y})}$$

$$\vec{F}_3 = iB \int_{\text{fio}} \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} + \hat{y}) \times \hat{z} dl = iBL \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} - \hat{y})$$

$$\boxed{\vec{F}_3 = iLB \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} - \hat{y})}$$

$$\vec{F}_1 = i B \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{y} + \hat{x}) L \rightarrow \boxed{\vec{F}_1 = i L B \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} + \hat{y})}$$

$$\vec{F}_3 = i B \int_{-L}^L \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} + \hat{y}) \times \hat{z} dl = i B L \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} - \hat{y})$$

$$\boxed{\vec{F}_3 = i L B \frac{\sqrt{2}}{2} (\hat{x} - \hat{y})}$$

(b)  $\vec{F}_2 = i \int_{\text{arc}} d\vec{l} \times \vec{B} = i \int_{\text{arc}} d\vec{l} \times B \hat{z}$

$d\vec{l} = dl (-\cos\theta \hat{y} + \sin\theta \hat{x})$ ,  $dl = R d\theta$

$$= i B R \int_{-45^\circ}^{+45^\circ} (-\cos\theta \hat{y} + \sin\theta \hat{x}) \times \hat{z} d\theta$$

$$= i B R \int_{-45^\circ}^{+45^\circ} (-\cos\theta d\theta \hat{x} - \sin\theta d\theta \hat{y}) = i B R \left[ -\sin\theta \hat{x} \Big|_{-45^\circ}^{+45^\circ} + \cos\theta \hat{y} \Big|_{-45^\circ}^{+45^\circ} \right]$$

$$\boxed{\vec{F}_2 = -i B R \sqrt{2} \hat{x}}$$

$$\sqrt{2} [\hat{x} + \hat{y} + \hat{x} - \hat{y}] + i B \sqrt{2} \hat{x} = \sqrt{2} i B (L + R) \hat{x}$$

$$\vec{F}_3 = \frac{\mu_0 I B \sqrt{2}}{2} (\hat{x} - \hat{y})$$

(b)  $\vec{F}_2 = i \int_{\text{arc}} d\vec{l} \times \vec{B} = i \int_{\text{arc}} d\vec{l} \times B \hat{z}$   
 $d\vec{l} = dl (-\cos\theta \hat{y} + \sin\theta \hat{x})$ ,  $dl = R d\theta$

$$= iBR \int_{+45^\circ}^{-45^\circ} (-\cos\theta \hat{y} + \sin\theta \hat{x}) \hat{z} d\theta$$

$$= iBR \int_{+45^\circ}^{-45^\circ} (-\cos\theta d\theta \hat{x} - \sin\theta d\theta \hat{y}) = iBR \left[ -\sin\theta \Big|_{+45^\circ}^{-45^\circ} \hat{x} + \cos\theta \Big|_{+45^\circ}^{-45^\circ} \hat{y} \right]$$

$$\vec{F}_2 = -iBR\sqrt{2} \hat{x}$$

(c)  $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \frac{\mu_0 I B \sqrt{2}}{2} [\hat{x} + \hat{y} + \hat{x} - \hat{y}] + iBR\sqrt{2} \hat{x} = \sqrt{2} iB(L+R) \hat{x}$

$$\vec{F} = \sqrt{2} iB(L+R) \hat{x}$$