

Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Instituto de Física  
Física III – 2010/2  
Segunda Prova (P2) – 25/11/2010  
Versão: A

Aluno: \_\_\_\_\_  
Assinatura: \_\_\_\_\_  
DRE: \_\_\_\_\_  
Professor: \_\_\_\_\_  
Turma: \_\_\_\_\_

Seção	Nota original	Iniciais	Nota de revisão
Parte objetiva (total)			
Parte discursiva: Questão 1			
Parte discursiva: Questão 2			
Total			

---

### INSTRUÇÕES: LEIA COM CUIDADO!

1. Preencha *correta, legível e totalmente* os campos em branco (Aluno, Assinatura, DRE, Professor e Turma) do cabeçalho acima. Sem isso, a correção de sua prova poderá ficar prejudicada!
2. A prova constitui-se de duas partes:
  - uma parte objetiva, perfazendo um total de 5,0 pontos, constituída por dez (10) questões objetivas (de múltipla escolha), cada uma das quais valendo 0,5 ponto, sem penalização por questão errada.
  - uma parte discursiva, perfazendo um total de 5,0 pontos, constituída por duas (2) questões discursivas (ou argumentativas ou dissertativas), cada uma das quais valendo 2,5 pontos.
3. A parte objetiva deve ser preenchida *a caneta*.
4. É vedado o uso de qualquer instrumento eletro-eletrônico (calculadora, celular, iPod, etc)

---

### Formulário

$$I = \int_S \mathbf{J} \cdot \hat{\mathbf{n}} dA \quad \mathbf{J} = nq\mathbf{v}$$

$$\mathbf{F} = q\mathbf{E} + q\mathbf{v} \times \mathbf{B}, \quad d\mathbf{F} = I d\boldsymbol{\ell} \times \mathbf{B}$$

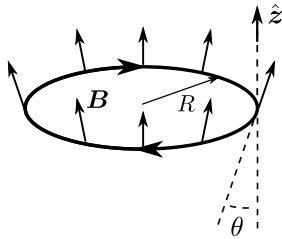
$$\mathbf{B} = \oint_C d\mathbf{B} = \oint_C \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I d\boldsymbol{\ell} \times \hat{\mathbf{r}}}{r^2}, \quad \oint_S \mathbf{B} \cdot \hat{\mathbf{n}} dA = 0,$$

$$\oint_C \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = \mu_0 I_{\text{enc}} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}, \quad \mathcal{E}_{\text{ind}} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

$$\Phi_B[1] = LI_1 + M_{12}I_2, \quad u_B = \frac{1}{2} \frac{B^2}{\mu_0}$$

**Seção 1. Múltipla escolha (10×0,5=5,0 pontos)**

1. A figura mostra uma anel circular, muito fino, de raio  $R$ , submetido a um campo magnético (estacionário) divergente e com simetria radial. O campo magnético em todos os pontos do anel tem o mesmo módulo  $B$ , é perpendicular ao anel e faz um ângulo  $\theta$  com a normal ao plano do anel. Qual é a força magnética que o campo exerce sobre a espira se, nessa, passa uma corrente de intensidade



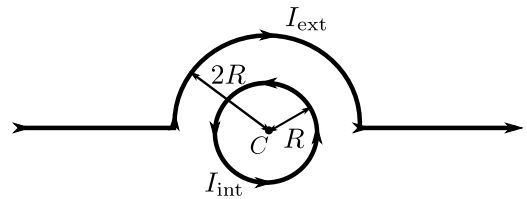
$I$ ?

- (a)  $2\pi RIB \cos \theta \hat{z}$ .
- (b)  $-2\pi RIB \cos \theta \hat{z}$ .
- (c)  $2\pi RIB \sin \theta \hat{z}$ .
- (d)  $-2\pi RIB \sin \theta \hat{z}$ .
- (e)  $2\pi RIB \hat{z}$ .

2. Considere as seguintes afirmativas: (I) a lei de Faraday só vale para campos magnéticos estacionários; (II) a lei de Biot-Savart vale para correntes arbitrárias, dependentes ou não do tempo; (III) os fluxos dos campos elétrico e magnético só podem ser calculados através de superfícies fechadas. Assinale a opção que indica quais dessas afirmativas são corretas.

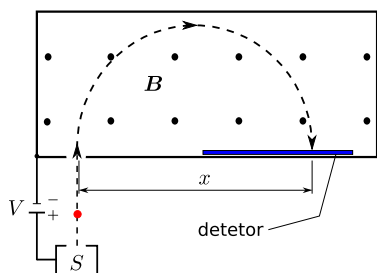
- (a) I.
- (b) II.
- (c) III.
- (d) Todas elas.
- (e) Nenhuma delas.

3. Um fio fino circular, de raio  $R$ , é percorrido por uma corrente estacionária de intensidade  $I_{\text{int}}$ . No mesmo plano, temos um outro fio, constituído por dois segmentos retilíneos, longos e um arco de semi-circunferência, concêntrico com o primeiro fio, de raio  $2R$ , conforme mostra a figura. Qual deve ser a intensidade da corrente estacionária  $I_{\text{ext}}$ , nesse segundo fio, para que o campo magnético no centro comum  $C$  seja nulo?



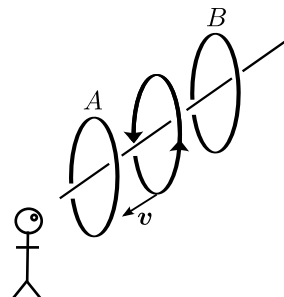
- (a)  $I_{\text{ext}} = 4I_{\text{int}}$ .
- (b)  $I_{\text{ext}} = 2I_{\text{int}}$ .
- (c)  $I_{\text{ext}} = I_{\text{int}}/2$ .
- (d)  $I_{\text{ext}} = 2\pi I_{\text{int}}$ .
- (e)  $I_{\text{ext}} = \pi I_{\text{int}}$ .

4. A figura abaixo representa um espectrômetro de massa, aparelho usado para medir a massa de íons. Um íon de massa  $m$ , a ser determinada, e carga  $q$  é produzido na fonte  $S$ , em repouso, e acelerado pelo campo eletrostático associado a uma diferença de potencial  $V$ . O íon entra em uma câmara de separação na qual existe um campo magnético  $\mathbf{B}$  constante (uniforme e estacionário), perpendicular à sua trajetória. Suponha que o íon atinja o detector em um ponto situado a uma distância  $x$  do ponto de entrada da câmara. Qual é a massa do íon?



- (a)  $8B^2qx^2/V$ .  
 (b)  $B^2qx^2/(8V)$ .  
 (c)  $B^2qx^2/V$ .  
 (d)  $2B^2qx^2/V$ .  
 (e)  $B^2qx^2/(2V)$ .
5. Considere as seguintes afirmativas: (I) pode haver uma fem induzida diferente de zero em um instante em que o fluxo através de um circuito é igual a zero; (II) a auto-indutância de um dado solenóide é proporcional à taxa de variação da corrente no solenóide; (III) a auto-indutância de um dado solenóide é proporcional à corrente no solenóide. Assinale a opção que indica quais dessas afirmativas são corretas.
- (a) I e II.  
 (b) I e III.  
 (c) II e III.  
 (d) I.  
 (e) II.  
 (f) III.

6. Três espiras metálicas e um observador estão dispostos como mostra a figura. Do ponto de vista do observador, uma corrente  $I$  flui no sentido anti-horário na espira do meio, que se move no sentido do observador com uma velocidade  $v$ . As espiras  $A$  e  $B$  estão em repouso. Esse mesmo observador notaria que:

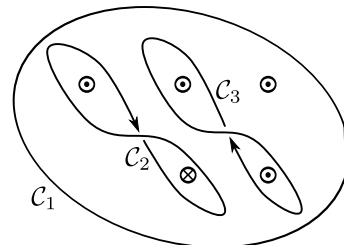


- (a) correntes horárias são induzidas nas espiras  $A$  e  $B$ .  
 (b) correntes anti-horárias são induzidas nas espiras  $A$  e  $B$ .  
 (c) uma corrente horária é induzida na espira  $A$ , mas uma corrente anti-horária é induzida na espira  $B$ .  
 (d) uma corrente anti-horária é induzida na espira  $A$ , mas uma corrente horária é induzida na espira  $B$ .  
 (e) uma corrente anti-horária é induzida na espira  $A$ , mas nenhuma corrente é induzida na espira  $B$ .
7. Considere uma espira circular, condutora, ao longo da qual flui uma corrente estacionária. Tal espira está sujeita a um campo magnético externo constante (uniforme e estacionário). Ao atingir o equilíbrio estável, o momento de dipolo magnético de tal espira apontará para onde?
- (a) No equilíbrio estável, o momento de dipolo magnético da espira será, obviamente zero.  
 (b) Não sofrerá alteração, continuando a apontar no sentido original.  
 (c) Num sentido perpendicular ao campo magnético externo.  
 (d) No sentido oposto do campo magnético externo.  
 (e) No sentido do próprio campo magnético externo.

8. Considere dois anéis circulares, um condutor e outro isolante, pertencentes a um mesmo plano, sujeitos a um campo magnético variável no tempo, perpendicular ao plano dos anéis. Estando os dois anéis em repouso, em qual deles surgirá uma força eletromotriz induzida? Em qual deles surgirá uma corrente induzida?

- (a) Em ambos os anéis. Em ambos os anéis.
- (b) Em ambos os anéis. Somente no anel condutor.
- (c) Em nenhum dos anéis. Em nenhum dos anéis.
- (d) Em nenhum dos anéis. Somente no anel condutor.
- (e) Somente no anel condutor. Somente no anel condutor.

9. Temos cinco correntes estacionárias, todas de mesma intensidade  $I$ . Seus sentidos são indicados na figura, com as convenções usuais. Assinale a opção que apresenta a circulação do campo magnético, ou seja,  $\oint_C \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell}$  através de cada uma das três curvas orientadas  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ , respectivamente.



mente.

- (a)  $3\mu_0 I, -2\mu_0 I, 0$ .
- (b)  $-3\mu_0 I, 2\mu_0 I, 0$ .
- (c)  $3\mu_0 I, 2\mu_0 I, 0$ .
- (d)  $-3\mu_0 I, -2\mu_0 I, 0$ .
- (e)  $5\mu_0 I, 2\mu_0 I, 2\mu_0 I$ .

10. Considere as seguintes quatro distribuições de corrente: (I) corrente retilínea, muito longa, estacionária; (II) corrente em forma de quadrado, estacionária; (III) corrente constante (uniforme e estacionária) na direção axial de um condutor cilíndrico, sólido, muito longo. Assinale a opção que indica corretamente, dessas distribuições, aquela(s) para a(s) qual(is), em uma curva fechada arbitrária, vale exatamente a lei de Ampère.

- (a) I e II.
- (b) I e III.
- (c) II e III.
- (d) Todas elas.
- (e) Somente a I.

Seção 2. Questões discursivas (2×2,5=5,0 pontos)

1. Um cilindro circular, sólido, muito comprido, de eixo coincidente com o eixo cartesiano  $Z$ , possui uma densidade de corrente

$$\mathbf{J} = \begin{cases} \frac{3I_0}{2\pi R^3} r\hat{z}, & \text{para } r < R; \\ \mathbf{0}, & \text{para } r > R, \end{cases}$$

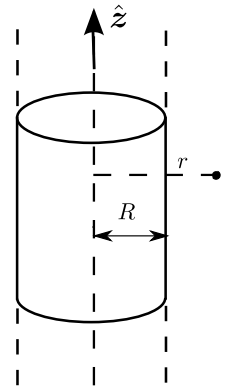
onde  $R$  é o raio do cilindro,  $r$  é a distância radial entre o ponto considerado e o eixo do cilindro e  $I_0$  é uma constante.

(a) Mostre que  $I_0$  é a (intensidade de) corrente elétrica total que passa através de uma seção reta do cilindro. [0,7 ponto]

(b) Usando a lei de Ampère, deduza uma expressão para o campo magnético  $\mathbf{B}$  na região  $r \geq R$ . [0,6 ponto]

(c) Obtenha uma expressão para a (intensidade de) corrente elétrica  $I(r)$  contida em uma seção reta circular de raio  $r \leq R$ , centrada sobre o eixo do cilindro. [0,6 ponto]

(d) Aplicando a lei de Ampère, deduza uma expressão para o campo magnético  $\mathbf{B}$  na região  $0 \leq r \leq R$ . [0,6 ponto]





2. Uma barra condutora  $ab$ , de comprimento  $w$ , está em contato com os trilhos paralelos  $ad$  e  $bc$ , formando a espira mostrada na figura ao lado. O dispositivo todo encontra-se sujeito ao campo de um fio retilíneo, muito longo, coplanar, postado paralelamente ao trilho mais próximo  $ad$ , a uma distância  $L$ , ao longo do qual flui uma corrente estacionária de intensidade  $I$ , no sentido do eixo  $Z$ .

(a) Calcule o fluxo através da superfície  $abcd$ , quando a barra  $ab$  encontra-se a uma distância  $z$ , acima do lado  $dc$  do dispositivo.

[0,8 ponto]

(b) Calcule a força eletromotriz induzida ao longo do dispositivo, num instante em que a barra se desloca com velocidade  $v\hat{z}$ .

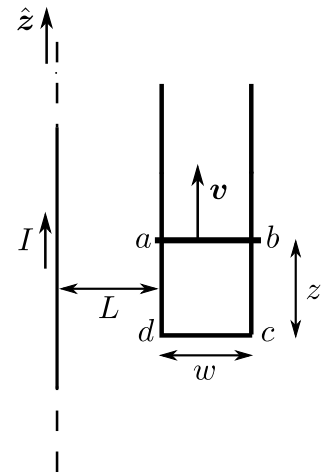
[0,7 ponto]

(c) Determine o sentido da corrente induzida ao longo do dispositivo, justificando seu raciocínio.

[0,5 ponto]

(d) Sabendo que a barra  $ab$  é um material ôhmico, de resistência  $R$ , e o resto do dispositivo tem resistência desprezível, determine a potência dissipada no dispositivo. Despreze quaisquer capacitâncias e indutâncias no sistema.

[0,5 ponto]





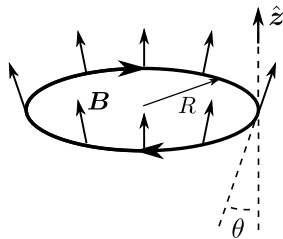




## Gabarito para Versão A

### Seção 1. Múltipla escolha (10×0,5=5,0 pontos)

1. A figura mostra uma anel circular, muito fino, de raio  $R$ , submetido a um campo magnético (estacionário) divergente e com simetria radial. O campo magnético em todos os pontos do anel tem o mesmo módulo  $B$ , é perpendicular ao anel e faz um ângulo  $\theta$  com a normal ao plano do anel. Qual é a força magnética que o campo exerce sobre a espira se, nessa, passa uma corrente de intensidade



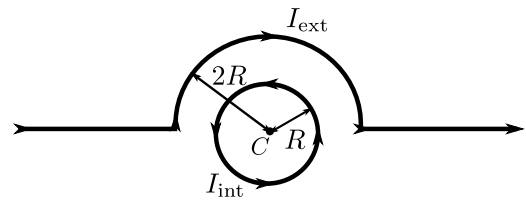
$I$ ?

- (a)  $2\pi RIB \cos \theta \hat{z}$ .
- (b)  $-2\pi RIB \cos \theta \hat{z}$ .
- (c)  $2\pi RIB \sin \theta \hat{z}$ .
- (d)  $-2\pi RIB \sin \theta \hat{z}$ .
- (e)  $2\pi RIB \hat{z}$ .

2. Considere as seguintes afirmativas: (I) a lei de Faraday só vale para campos magnéticos estacionários; (II) a lei de Biot-Savart vale para correntes arbitrárias, dependentes ou não do tempo; (III) os fluxos dos campos elétrico e magnético só podem ser calculados através de superfícies fechadas. Assinale a opção que indica quais dessas afirmativas são corretas.

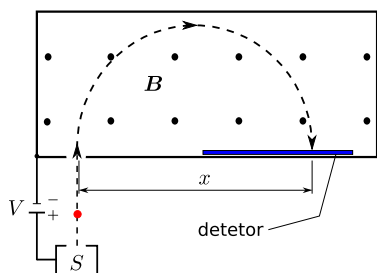
- (a) I.
- (b) II.
- (c) III.
- (d) Todas elas.
- (e) Nenhuma delas.

3. Um fio fino circular, de raio  $R$ , é percorrido por uma corrente estacionária de intensidade  $I_{\text{int}}$ . No mesmo plano, temos um outro fio, constituído por dois segmentos retilíneos, longos e um arco de semi-circunferência, concêntrico com o primeiro fio, de raio  $2R$ , conforme mostra a figura. Qual deve ser a intensidade da corrente estacionária  $I_{\text{ext}}$ , nesse segundo fio, para que o campo magnético no centro comum  $C$  seja nulo?



- (a)  $I_{\text{ext}} = 4I_{\text{int}}$ .
- (b)  $I_{\text{ext}} = 2I_{\text{int}}$ .
- (c)  $I_{\text{ext}} = I_{\text{int}}/2$ .
- (d)  $I_{\text{ext}} = 2\pi I_{\text{int}}$ .
- (e)  $I_{\text{ext}} = \pi I_{\text{int}}$ .

4. A figura abaixo representa um espectrômetro de massa, aparelho usado para medir a massa de íons. Um íon de massa  $m$ , a ser determinada, e carga  $q$  é produzido na fonte  $S$ , em repouso, e acelerado pelo campo eletrostático associado a uma diferença de potencial  $V$ . O íon entra em uma câmara de separação na qual existe um campo magnético  $\mathbf{B}$  constante (uniforme e estacionário), perpendicular à sua trajetória. Suponha que o íon atinja o detector em um ponto situado a uma distância  $x$  do ponto de entrada da câmara. Qual é a massa do íon?

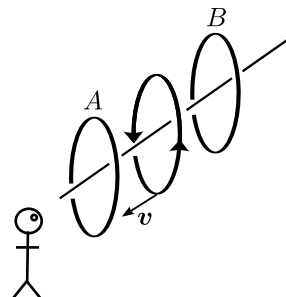


- (a)  $8B^2qx^2/V$ .  
 (b)  $B^2qx^2/(8V)$ .  
 (c)  $B^2qx^2/V$ .  
 (d)  $2B^2qx^2/V$ .  
 (e)  $B^2qx^2/(2V)$ .

5. Considere as seguintes afirmativas: (I) pode haver uma fem induzida diferente de zero em um instante em que o fluxo através de um circuito é igual a zero; (II) a auto-indutância de um dado solenóide é proporcional à taxa de variação da corrente no solenóide; (III) a auto-indutância de um dado solenóide é proporcional à corrente no solenóide. Assinale a opção que indica quais dessas afirmativas são corretas.

- (a) I e II.  
 (b) I e III.  
 (c) II e III.  
 (d) I.  
 (e) II.  
 (f) III.

6. Três espiras metálicas e um observador estão dispostos como mostra a figura. Do ponto de vista do observador, uma corrente  $I$  flui no sentido anti-horário na espira do meio, que se move no sentido do observador com uma velocidade  $v$ . As espiras  $A$  e  $B$  estão em repouso. Esse mesmo observador notaria que:



- (a) correntes horárias são induzidas nas espiras  $A$  e  $B$ .  
 (b) correntes anti-horárias são induzidas nas espiras  $A$  e  $B$ .  
 (c) uma corrente horária é induzida na espira  $A$ , mas uma corrente anti-horária é induzida na espira  $B$ .  
 (d) uma corrente anti-horária é induzida na espira  $A$ , mas uma corrente horária é induzida na espira  $B$ .  
 (e) uma corrente anti-horária é induzida na espira  $A$ , mas nenhuma corrente é induzida na espira  $B$ .

7. Considere uma espira circular, condutora, ao longo da qual flui uma corrente estacionária. Tal espira está sujeita a um campo magnético externo constante (uniforme e estacionário). Ao atingir o equilíbrio estável, o momento de dipolo magnético de tal espira apontará para onde?

- (a) No equilíbrio estável, o momento de dipolo magnético da espira será, obviamente zero.  
 (b) Não sofrerá alteração, continuando a apontar no sentido original.  
 (c) Num sentido perpendicular ao campo magnético externo.  
 (d) No sentido oposto do campo magnético externo.  
 (e) No sentido do próprio campo magnético externo.

8. Considere dois anéis circulares, um condutor e outro isolante, pertencentes a um mesmo plano, sujeitos a um campo magnético variável no tempo, perpendicular ao plano dos anéis. Estando os dois anéis em repouso, em qual deles surgirá uma força eletromotriz induzida? Em qual deles surgirá uma corrente induzida?

(a) Em ambos os anéis. Em ambos os anéis.

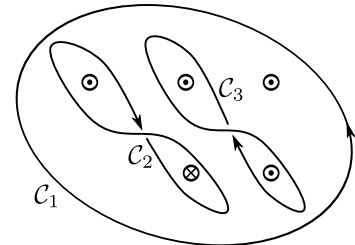
(b) Em ambos os anéis. Somente no anel condutor.

(c) Em nenhum dos anéis. Em nenhum dos anéis.

(d) Em nenhum dos anéis. Somente no anel condutor.

(e) Somente no anel condutor. Somente no anel condutor.

9. Temos cinco correntes estacionárias, todas de mesma intensidade  $I$ . Seus sentidos são indicados na figura, com as convenções usuais. Assinale a opção que apresenta a circulação do campo magnético, ou seja,  $\oint_C \mathbf{B} \cdot d\ell$  através de cada uma das três curvas orientadas  $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ , respectiva-



mente.

(a)  $3\mu_0 I, -2\mu_0 I, 0$ .

(b)  $-3\mu_0 I, 2\mu_0 I, 0$ .

(c)  $3\mu_0 I, 2\mu_0 I, 0$ .

(d)  $-3\mu_0 I, -2\mu_0 I, 0$ .

(e)  $5\mu_0 I, 2\mu_0 I, 2\mu_0 I$ .

10. Considere as seguintes quatro distribuições de corrente: (I) corrente retilínea, muito longa, estacionária; (II) corrente em forma de quadrado, estacionária; (III) corrente constante (uniforme e estacionária) na direção axial de um condutor cilíndrico, sólido, muito longo. Assinale a opção que indica corretamente, dessas distribuições, aquela(s) para a(s) qual(is), em uma curva fechada arbitrária, vale exatamente a lei de Ampère.

(a) I e II.

(b) I e III.

(c) II e III.

(d) Todas elas.

(e) Somente a I.

**Seção 2. Questões discursivas (2×2,5=5,0 pontos)**

1. Um cilindro circular, sólido, muito comprido, de eixo coincidente com o eixo cartesiano  $Z$ , possui uma densidade de corrente

$$\mathbf{J} = \begin{cases} \frac{3I_0}{2\pi R^3} r\hat{z}, & \text{para } r < R; \\ \mathbf{0}, & \text{para } r > R, \end{cases}$$

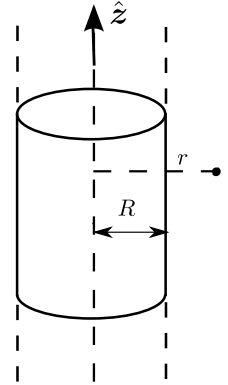
onde  $R$  é o raio do cilindro,  $r$  é a distância radial entre o ponto considerado e o eixo do cilindro e  $I_0$  é uma constante.

(a) Mostre que  $I_0$  é a (intensidade de) corrente elétrica total que passa através de uma seção reta do cilindro. [0,7 ponto]

(b) Usando a lei de Ampère, deduza uma expressão para o campo magnético  $\mathbf{B}$  na região  $r \geq R$ . [0,6 ponto]

(c) Obtenha uma expressão para a (intensidade de) corrente elétrica  $I(r)$  contida em uma seção reta circular de raio  $r \leq R$ , centrada sobre o eixo do cilindro. [0,6 ponto]

(d) Aplicando a lei de Ampère, deduza uma expressão para o campo magnético  $\mathbf{B}$  na região  $0 \leq r \leq R$ . [0,6 ponto]



**Resolução:**

- (a) Através da seção reta do cilindro, passa uma corrente total de intensidade

$$\begin{aligned} I(R) &= \int_{r=0}^R \mathbf{J} \cdot \hat{n} dA \\ &= \int_{r=0}^R \frac{3I_0}{2\pi R^3} r 2\pi r dr \\ &= \frac{3I_0}{R^3} \int_{r=0}^R r^2 dr, \end{aligned}$$

ou seja,

$$\boxed{I(R) = I_0.}$$

■

(b) Como a corrente é estacionária (não há acúmulo de carga em nenhum ponto do cilindro) e temos simetria cilíndrica, podemos utilizar a lei de Ampère. Para tal, convém adotar uma curva amperiana circular concêntrica com o eixo do cilindro e perpendicular a esse eixo. Com isso, a circulação ao longo dela fica

$$\oint_{calC} \mathbf{B} \cdot d\boldsymbol{\ell} = B_\phi(r) 2\pi r.$$

Por outro lado, para  $r \geq R$ , temos que a corrente encerrada é a calculada no item (a), ou seja,

$$I_{\text{enc}} = I_0.$$

Logo, aplicando a lei de Ampère, obtemos

$$B_\phi(r) = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r},$$

ou, finalmente,

$$\boxed{\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi r} \hat{\phi}.}$$

■

(c) Para obtermos a corrente através de um círculo de raio menor que  $R$ , simplesmente temos que aproveitar a integral do item (a), desta feita usando como limite superior o valor  $r \leq R$ . Isso fornece, pois,

$$I(r) = I_0 \frac{r^3}{R^3}.$$

■

(d) A aplicação da lei de Ampère fornece agora:

$$\mathbf{B} = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi} \frac{r^2}{R^3} \hat{\phi}.$$

■

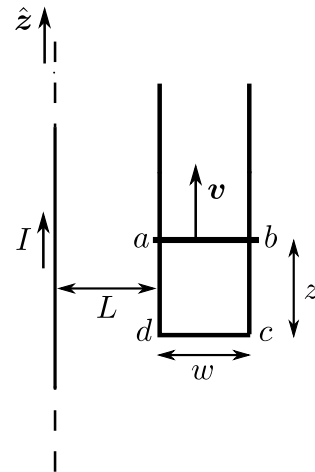
2. Uma barra condutora  $ab$ , de comprimento  $w$ , está em contato com os trilhos paralelos  $ad$  e  $bc$ , formando a espira mostrada na figura ao lado. O dispositivo todo encontra-se sujeito ao campo de um fio retilíneo, muito longo, coplanar, postado paralelamente ao trilho mais próximo  $ad$ , a uma distância  $L$ , ao longo do qual flui uma corrente estacionária de intensidade  $I$ , no sentido do eixo  $Z$ .

(a) Calcule o fluxo através da superfície  $abcd$ , quando a barra  $ab$  encontra-se a uma distância  $z$ , acima do lado  $dc$  do dispositivo. [0,8 ponto]

(b) Calcule a força eletromotriz induzida ao longo do dispositivo, num instante em que a barra se desloca com velocidade  $v\hat{z}$ . [0,7 ponto]

(c) Determine o sentido da corrente induzida ao longo do dispositivo, justificando seu raciocínio. [0,5 ponto]

(d) Sabendo que a barra  $ab$  é um material ôhmico, de resistência  $R$ , e o resto do dispositivo tem resistência desprezível, determine a potência dissipada no dispositivo. Despreze quaisquer capacitâncias e indutâncias no sistema. [0,5 ponto]



### Resolução:

(a) O fluxo do campo magnético através da superfície  $abcd$  é dado por

$$\begin{aligned} \Phi_B[abcd] &= \int_{r=L}^{L+w} \mathbf{B} \cdot \hat{n} dA \\ &= \int_{r=L}^{L+w} \frac{\mu_0 I}{2\pi r} z dr \\ &= \frac{\mu_0 I z}{2\pi} \int_{r=L}^{L+w} \frac{1}{r} dr, \end{aligned}$$

ou seja,

$$\Phi_B[abcd] = \frac{\mu_0 I z}{2\pi} \ln \left( \frac{L+w}{L} \right).$$

■

(b) A fem induzida vem, pela lei de Faraday:

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{\text{ind}}[abcd] &= -\frac{d\Phi_B[abcd]}{dt} \\ &= -\frac{\mu_0 I}{2\pi} \frac{dz}{dt} \ln\left(\frac{L+w}{L}\right),\end{aligned}$$

ou seja,

$$\boxed{\mathcal{E}_{\text{ind}}[abcd] = -\frac{\mu_0 I v}{2\pi} \ln\left(\frac{L+w}{L}\right).}$$

■

(c) Pela lei de Lenz, como o fluxo aumenta em módulo e o campo do fio aponta para dentro da página, surgirá uma corrente induzida ao longo da espira  $abcd$ , num sentido tal que o seu correspondente campo aponte, no interior da espira, para *fora* da página. Logo, a corrente induzida terá o sentido *anti-horário*.

■

(d) A única resistência apreciável é a da barra  $ab$ , suposta um condutor ôhmico. Logo, a potência dissipada em tal barra será

$$P = R I_{\text{ind}}^2,$$

onde  $I_{\text{ind}}$  é a corrente induzida. Esta vale, por sua vez,

$$I_{\text{ind}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{ind}}}{R}.$$

Logo,

$$\boxed{P = \frac{\mathcal{E}_{\text{ind}}^2}{R},}$$

ou ainda

$$\boxed{P = \frac{\mu_0^2 I^2 v^2}{4\pi^2 R} \ln^2\left(\frac{L+w}{L}\right).}$$

■

