

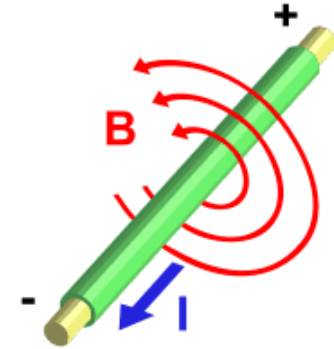
# Eletromagnetismo

Prof Fred Frydman

# Corrente Elétrica gera Campo Magnético (B)

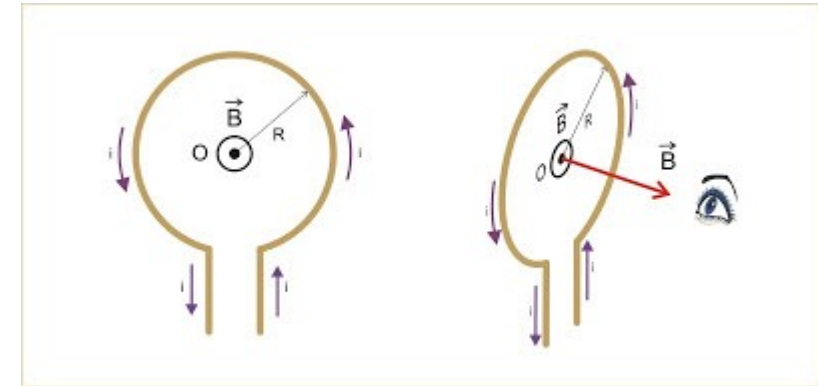
- B gerado por fio retilíneo a uma distância r:

$$\mathbf{B} \equiv \frac{\mu_0 \mathbf{i}}{2\pi r}$$

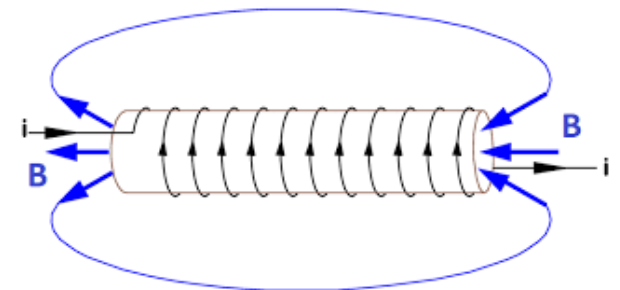


- B gerado no centro de espira(s) circular(es):

$$\mathbf{B} \equiv \frac{\mu_0 N \cdot \mathbf{i}}{2r}$$



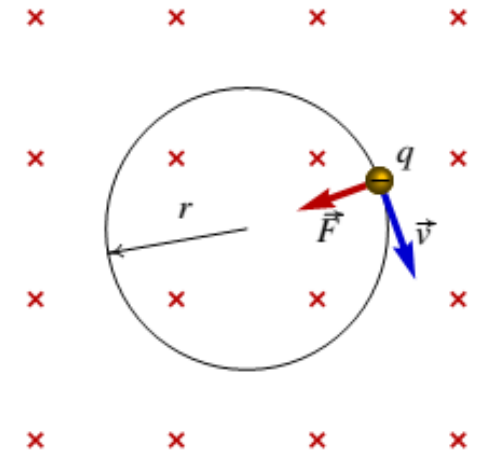
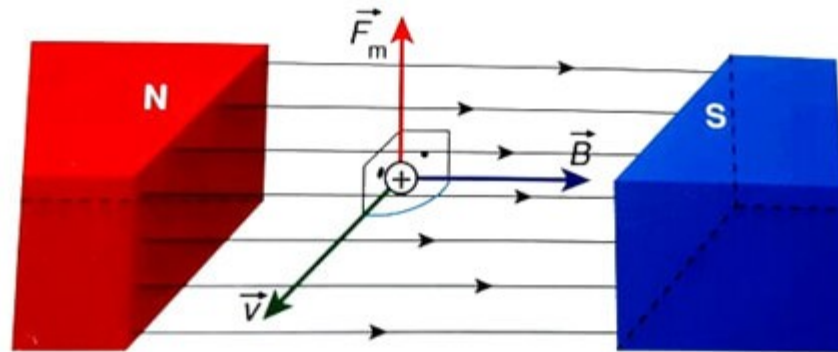
- B gerado por solenoide ( $r \ll L$ ):  $\mathbf{B} \equiv \frac{\mu_0 N \cdot \mathbf{i}}{L}$



# Força Magnética: Campo Magnético exerce força sobre cargas em movimento

- A Força Magnética muda a direção da velocidade de cargas em movimento:
  - Força Magnética em Carga Simples:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \cdot \vec{B} \cdot \sin\theta$$



- Igualando  $F_{mag}$  à Força Centrípeta:

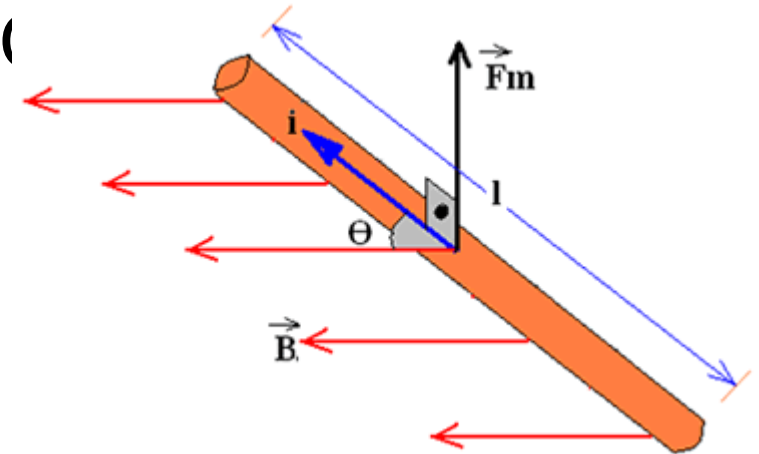
$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

# Força Magnética: Campo Magnético exerce força sobre cargas em movimento

- Corrente Elétrica também é carga em movimento, portanto:

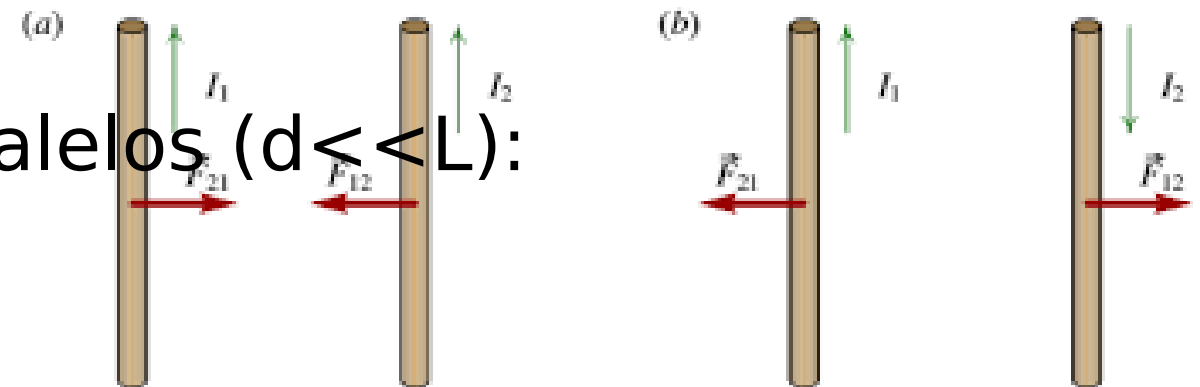
- Força Magnética em condutores sob Campo Magnético:

$$\mathbf{F} = B \cdot i \cdot L \cdot \sin\theta$$



- Força entre condutores paralelos ( $d \ll L$ ):

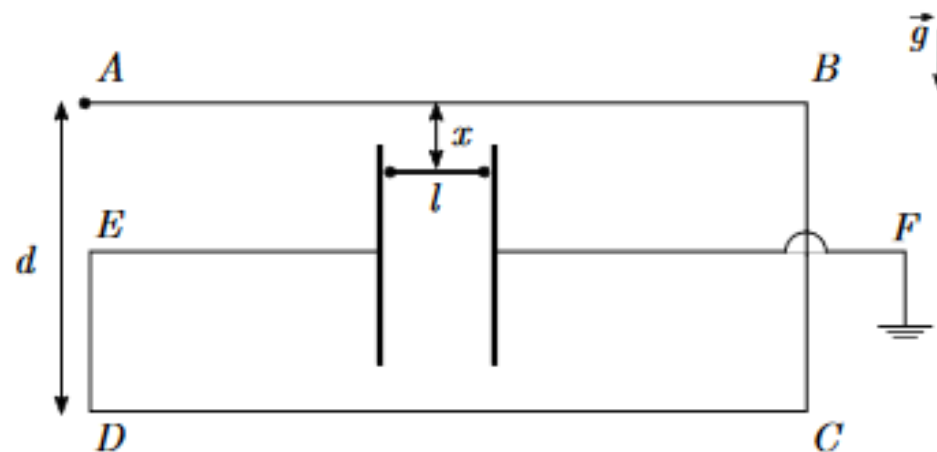
$$\mathbf{F} \equiv \mathbf{B}_1 i_2 \cdot L = \frac{\mu_0 i_1 i_2 L}{2\pi d}$$



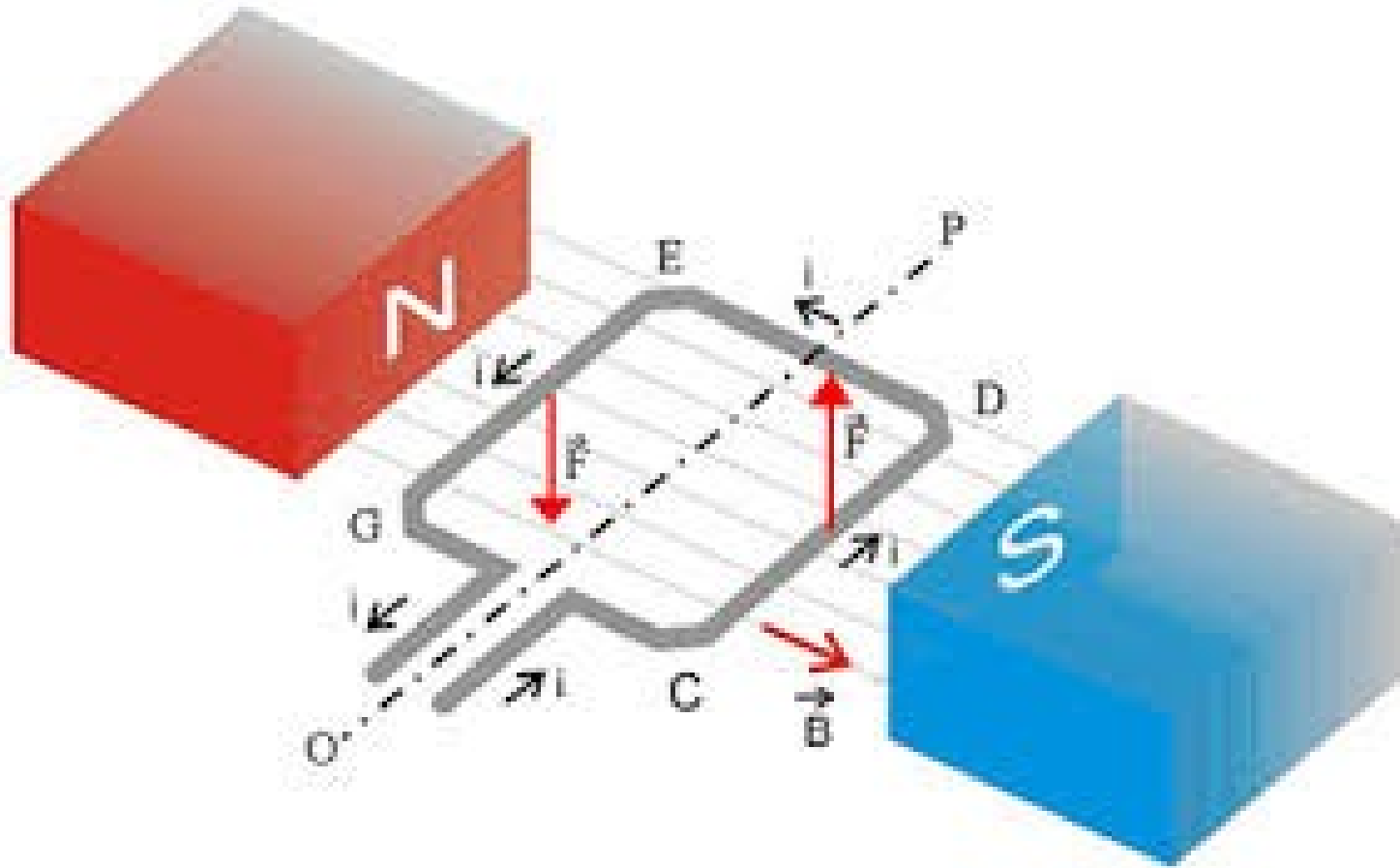
# ITA 2019 - 2ª fase

**Questão 6.** Um condutor muito longo  $ABCDEF$  é interrompido num trecho, onde é ligado a guias metálicas pelas quais desliza sem atrito um condutor metálico rígido de comprimento  $l = 10$  cm e massa  $m = 5,0$  mg, mantendo o contato elétrico e a passagem de corrente pelo sistema contido no plano vertical, conforme esquematizado na figura. O potencial elétrico no terminal  $A$  é  $V_0 = 1,0$  V e o sistema como um todo possui resistência  $R = 0,10$   $\Omega$ . Sendo a distância  $d = 18$  cm e considerando apenas o efeito dos segmentos longos  $\overline{AB}$  e  $\overline{CD}$  sobre o condutor

móvel, determine a distância de equilíbrio  $x$  indicada na figura.

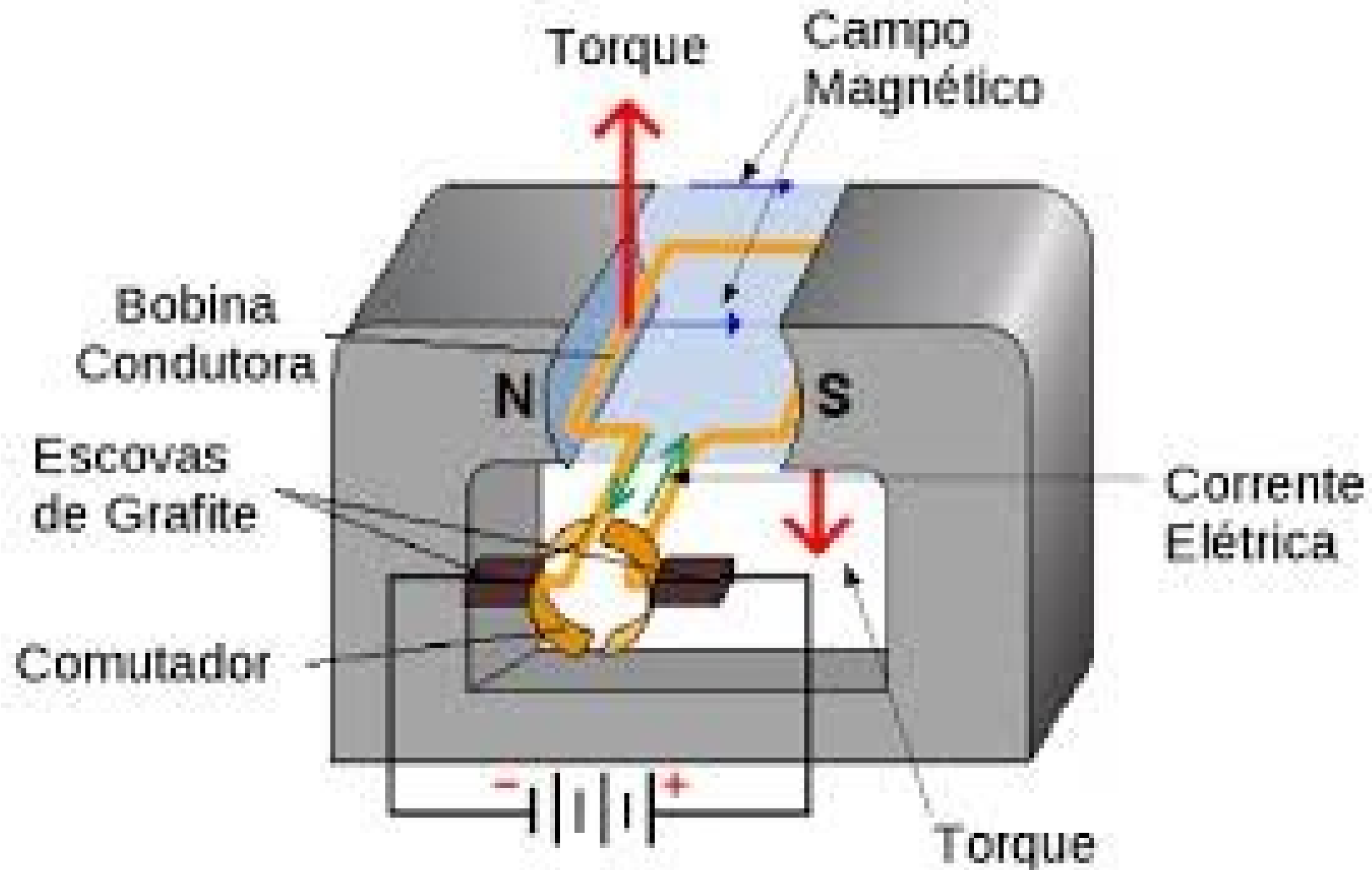


# Motores Eléctricos



O  
sentido  
da força  
está  
correto?

# Motores Eléctricos



# Indução Eletromagnética

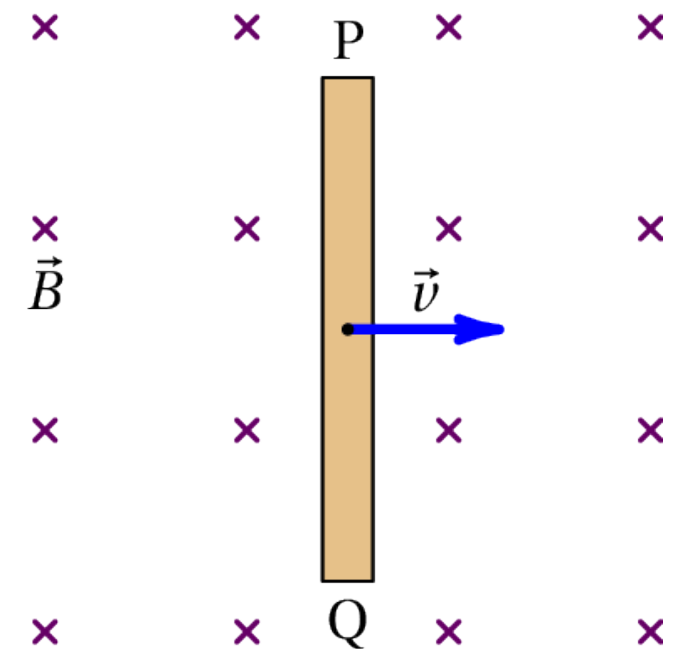
- O que acontece quando um condutor se desloca em um Campo Magnético?

$$\mathbf{F}_{el} = \mathbf{F}_{mag}$$

$$q \cdot \mathbf{E} = q \cdot \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}$$

$$\frac{U}{l} = \mathbf{v} \cdot \mathbf{B}$$

$$U = \varepsilon = B \cdot l \cdot v$$



f.e.m  
induzida



# ITA 2016 - fechada

Questão 11. Um líquido condutor (metal fundido) flui no interior de duas chapas metálicas paralelas, interdistantes de 2,0 cm, formando um capacitor plano, conforme a figura. Toda essa região interna está submetida a um campo homogêneo de indução magnética de 0,01 T, paralelo aos planos das chapas, atuando perpendicularmente à direção da velocidade do escoamento. Assinale a opção com o módulo dessa velocidade quando a diferença de potencial medida entre as placas for de 0,40 mV.

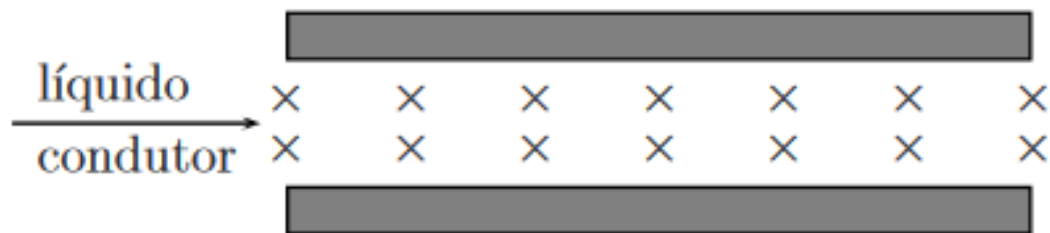
A ( ) 2 cm/s

B ( ) 3 cm/s

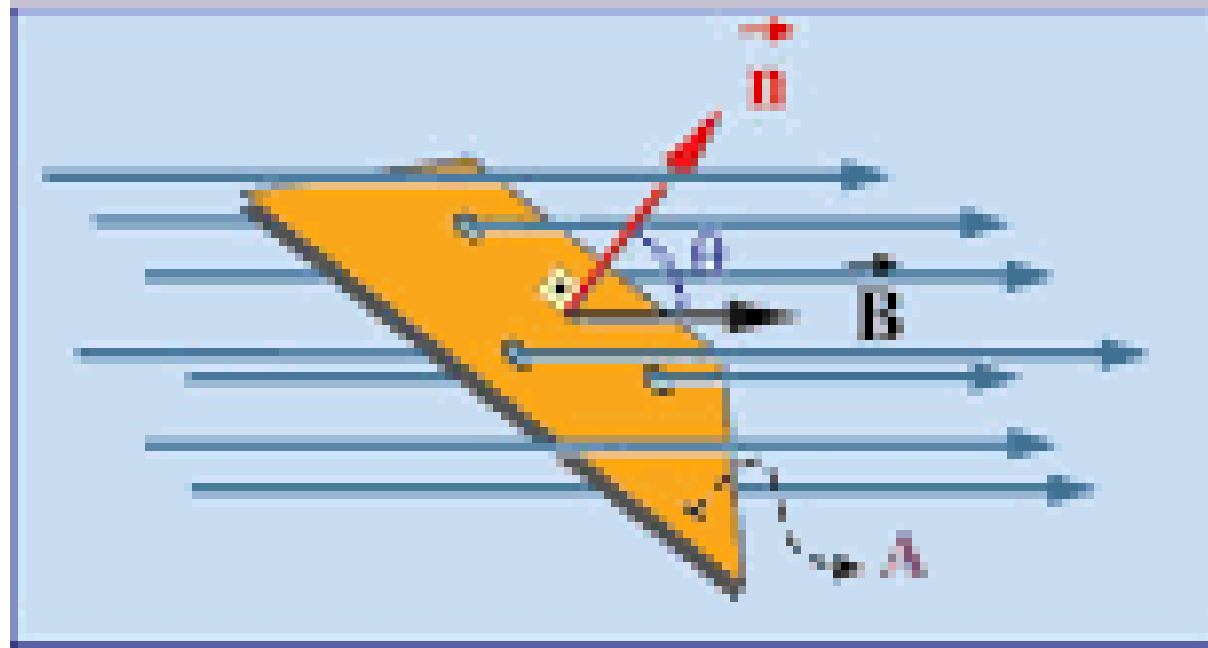
C ( ) 1 m/s

D ( ) 2 m/s

E ( ) 5 m/s



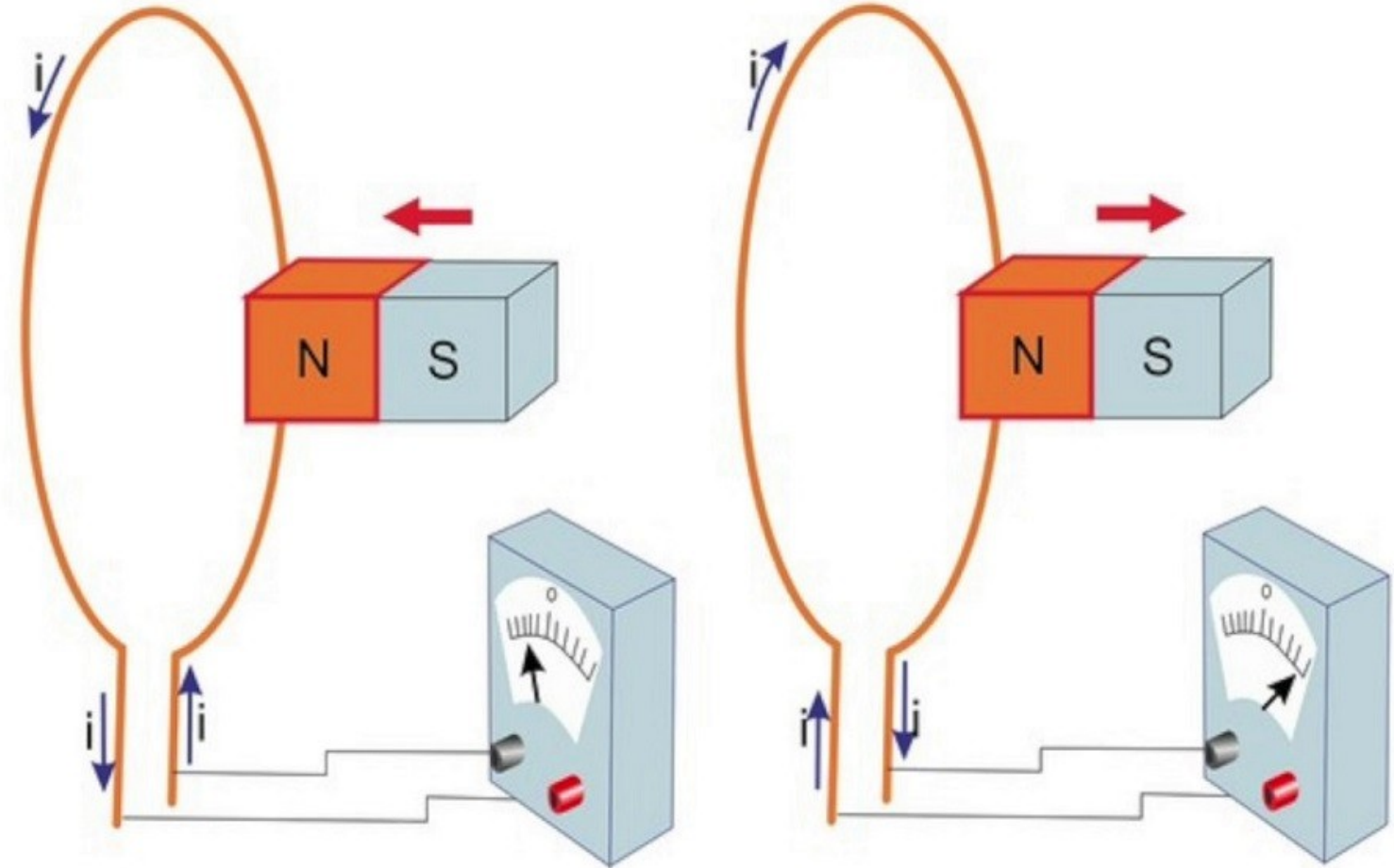
# Fluxo Magnético por uma espira



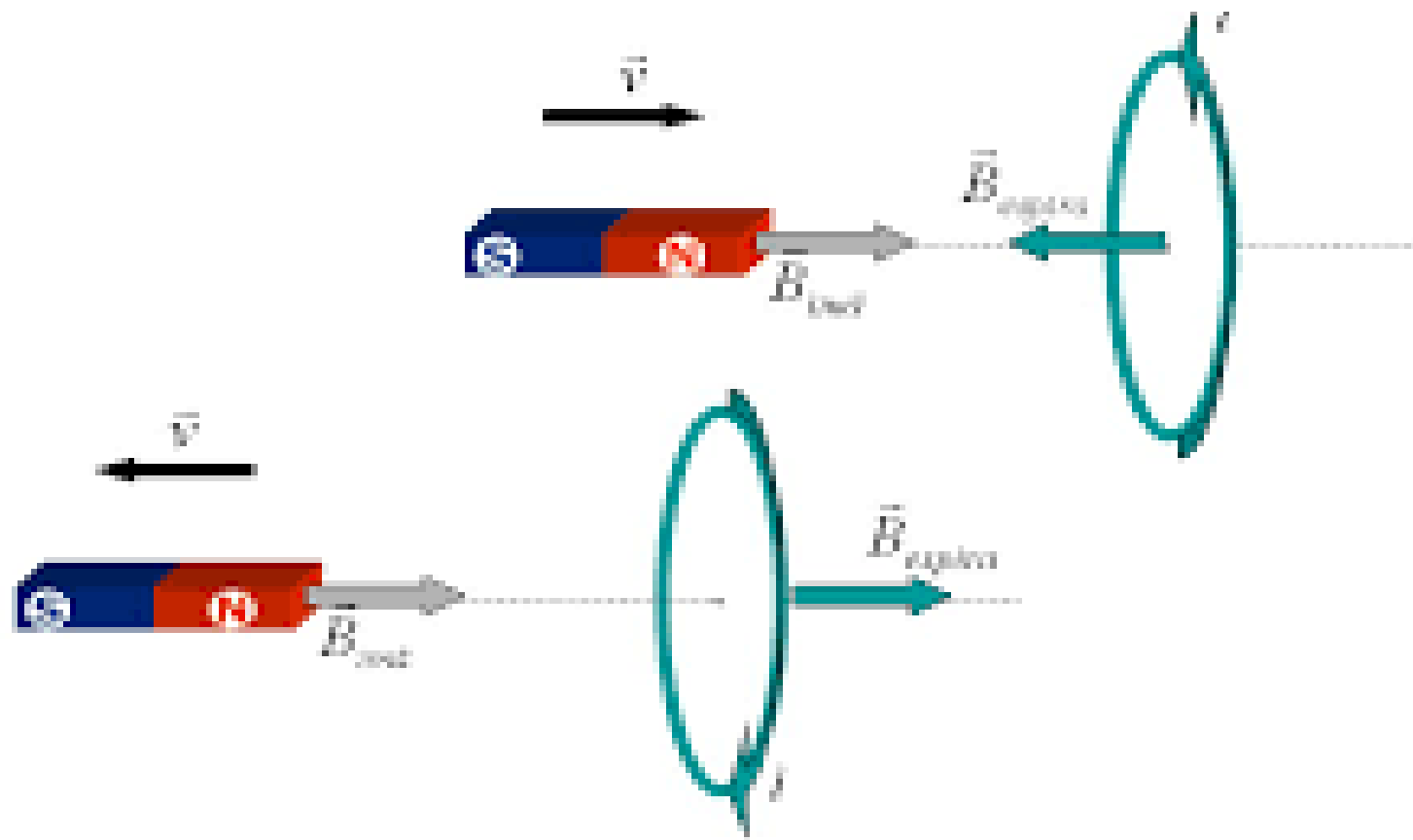
$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta$$

# Lei de Faraday

$$\mathcal{E} \equiv - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$



# Lei de Lenz



# ITA 2017 - aberta

**Questão 21.** Em queda livre a partir do repouso, um ímã atravessa longitudinalmente o interior de um tubo de plástico, sem tocar-lhe as paredes, durante um intervalo de tempo  $\Delta t$ . Caso este tubo fosse de metal, o tempo para essa travessia seria maior, igual ou menor que  $\Delta t$ ? Justifique sua resposta.

# ITA 2016 - fechada

Questão 19. Uma bobina metálica circular de raio  $r$ , com  $N$  espiras e resistência elétrica  $R$ , é atravessada por um campo de indução magnética de intensidade  $B$ . Se o raio da bobina é aumentado de uma fração  $\Delta r \ll r$ , num intervalo de tempo  $\Delta t$ , e desconsiderando as perdas, a máxima corrente induzida será de

A ( )  $2\pi N B r \Delta r / (R \Delta t)$ .

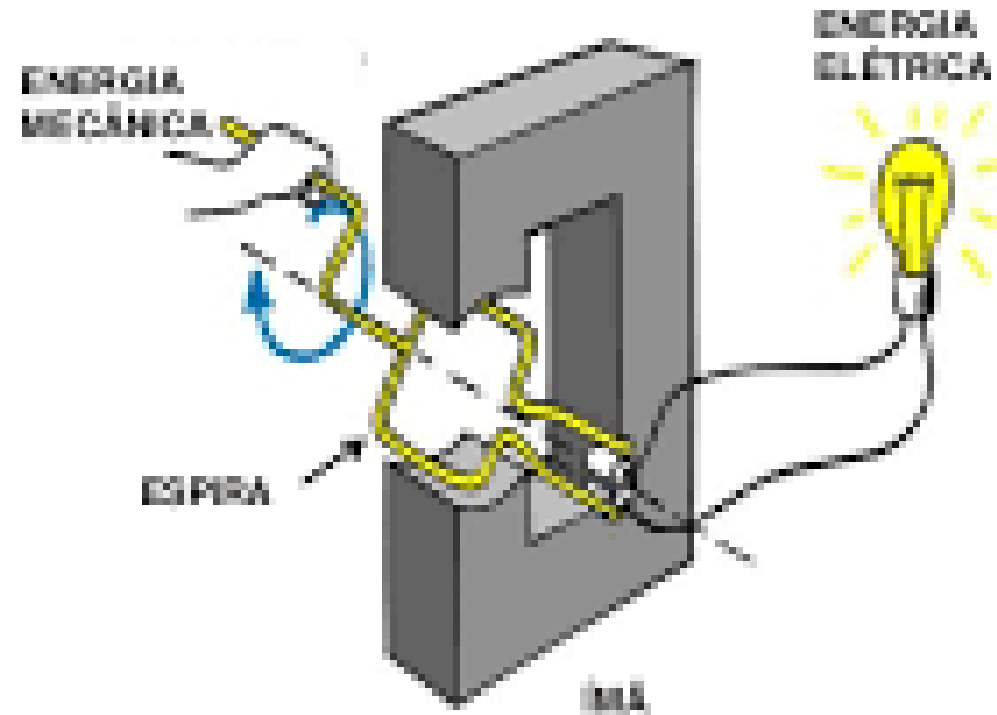
D ( )  $2\pi N B r \Delta r / (R^2 \Delta t)$ .

B ( )  $2\pi N B r \Delta r^2 / (R \Delta t)$ .

E ( )  $2\pi N B r \Delta r / (R \Delta t^2)$ .

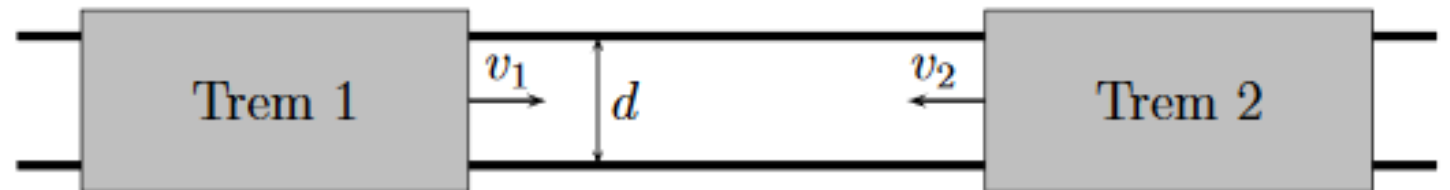
C ( )  $2\pi N B^2 r \Delta r / (R \Delta t)$ .

# Geradores Mecânicos $\square$ Elétricos



# ITA 2018 - aberta

Questão 25. Na figura, os dois trens se aproximam, um com velocidade constante  $v_1 = 108 \text{ km/h}$  e o outro com velocidade também constante  $v_2 = 144 \text{ km/h}$ . Considere os trens condutores perfeitos e os trilhos interdistantes de  $d = 2,0 \text{ m}$ , com resistência elétrica por unidade de comprimento igual a  $0,10 \Omega/\text{km}$ . Sabendo que em  $t = 0$  os trens estão a  $10 \text{ km}$  de distância entre si e que o componente vertical local do campo magnético da Terra é  $B = 5,0 \times 10^{-5} \text{ T}$ , determine a corrente nos trilhos em função do tempo.





# ITA 2019 - 1ª fase

**Questão 12.** A figura mostra uma espira circular, de raio  $a$  e resistência  $R$ , com centro situado sobre o eixo de um solenóide muito longo, com  $n$  voltas por unidade de comprimento e raio  $b$  ( $b < a$ ). No instante inicial,  $t = 0$ , o eixo do solenóide encontra-se perpendicular ao plano da espira, que oscila segundo a expressão  $\theta = \theta_{max} \text{sen}(\omega t)$ , em que  $\omega$  é a frequência angular do movimento. Se a corrente que passa pelo solenóide cresce linearmente com o tempo, conforme  $I = Kt$ , e sendo  $\mu_0$  a permeabilidade magnética do vácuo, então a intensidade da corrente elétrica induzida na espira é

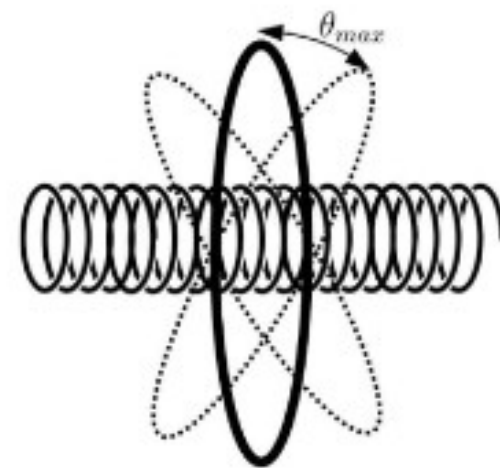
A ( )  $\frac{\mu_0 n K \pi a^2}{R}$ .

D ( )  $\frac{\mu_0 n K \omega t \theta_{max} \pi b^2}{R} |\cos(\omega t)|$ .

B ( )  $\frac{\mu_0 n K \pi b^2}{R}$ .

E ( ) 0.

C ( )  $\frac{\mu_0 n K \omega t \theta_{max} \pi b^2}{R} |\text{sen}(\omega t)|$ .



# ITA 2020 - 1ª fase

**Questão 10.** Ao redor de um cilindro de massa  $m$ , raio  $a$  e comprimento  $b$ , são enroladas simétrica e longitudinalmente  $N$  espiras. Estas são dispostas paralelamente a um plano inclinado onde se encontra um cilindro, que não desliza devido ao atrito com a superfície do plano. Considerando a existência de um campo magnético uniforme e vertical  $\vec{B}$  na região, assinale a intensidade da corrente  $i$  que deve circular nas espiras para que o conjunto permaneça em repouso na posição indicada pela figura.

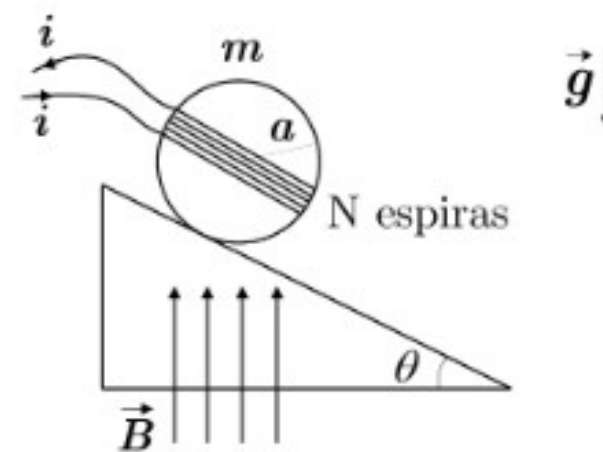
A ( )  $\frac{mg}{2bB}$ .

B ( )  $\frac{Nmg}{2aB}$ .

C ( )  $\frac{Nmg}{bB}$ .

D ( )  $\frac{mg}{2aBN}$ .

E ( )  $\frac{mg}{2bBN}$ .



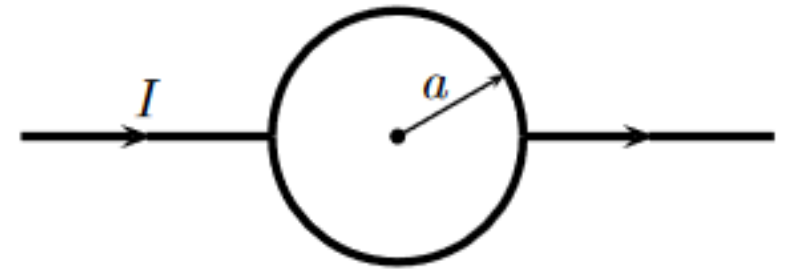
# ITA 2019 - 1ª fase

**Questão 10.** Seja uma partícula de massa  $m$  e carga positiva  $q$ , imersa em um campo magnético uniforme  $\vec{B}$ , com velocidade inicial  $\vec{v}$  no instante de tempo  $t = 0$ . Sabe-se que  $\theta$  é o ângulo entre  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ , cujos respectivos módulos são  $v$  e  $B$ . Pode-se afirmar que a distância mínima percorrida pela partícula até que sua velocidade readquiria a mesma direção e sentido iniciais é dada por

**A** ( )  $\pi \frac{mv}{qB} \cos \theta$ .    **B** ( )  $2\pi \frac{mv}{qB} \cos \theta$ .    **C** ( )  $2\pi \frac{mv}{qB} \sin \theta$ .    **D** ( )  $\pi \frac{mv}{qB}$ .    **E** ( )  $2\pi \frac{mv}{qB}$ .

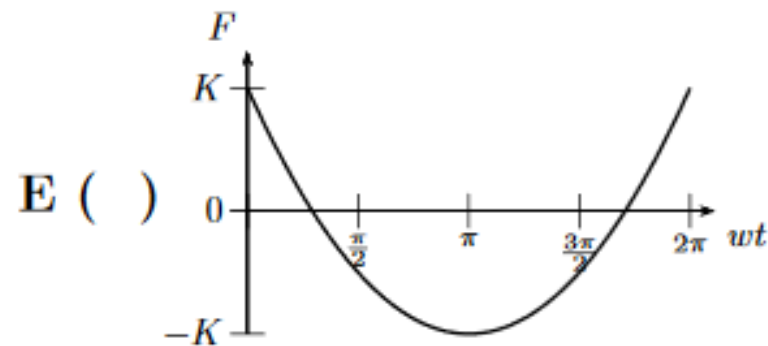
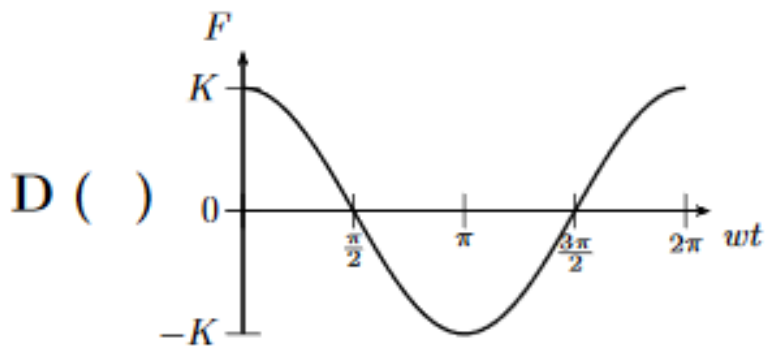
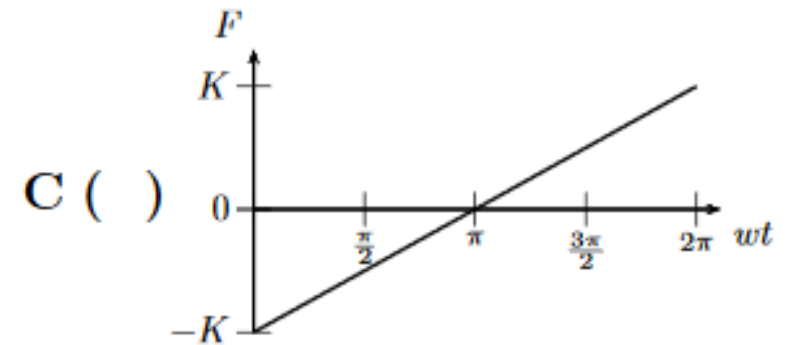
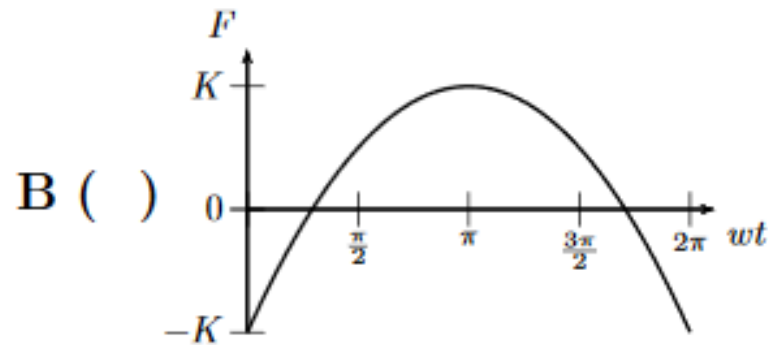
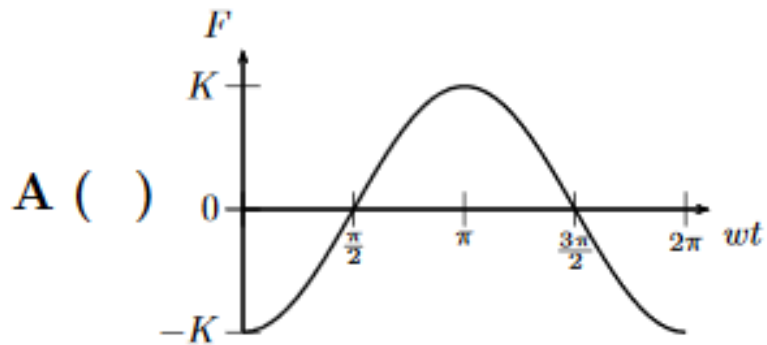
# ITA 2018 - aberta

Questão 30. A figura mostra um fio por onde passa uma corrente  $I$  conectado a uma espira circular de raio  $a$ . A semicircunferência superior tem resistência igual a  $2R$  e a inferior, igual a  $R$ . Encontre a expressão para o campo magnético no centro da espira em termos da corrente  $I$ .



# ITA 2018 - fechada

Questão 18. Dois fios longos de comprimento  $L$  conduzem correntes iguais,  $I$ . O primeiro fio é fixo no eixo  $x$  do sistema de referência enquanto o segundo gira lentamente com frequência angular  $\omega$  num plano paralelo ao plano  $xy$ , com seu ponto médio fixo em  $z = d$ , sendo  $d > 0$ . Supondo que os dois fios sejam paralelos com correntes no mesmo sentido em  $t = 0$ , e definindo  $K = \mu_0 I^2 L / (2\pi d)$ , assinale a opção com a figura que melhor representa a dependência temporal da força  $F$  que o fio fixo exerce sobre o outro.



# ITA 2018 - fechada

Questão 9. Uma massa  $m$  de carga  $q$  gira em órbita circular de raio  $R$  e período  $T$  no plano equatorial de um ímã. Nesse plano, a uma distância  $r$  do ímã, a intensidade do campo magnético é  $B(r) = \mu/r^3$ , em que  $\mu$  é uma constante. Se fosse de  $4R$  o raio dessa órbita, o período seria de

A ( )  $T/2$ .

B ( )  $2T$ .

C ( )  $8T$ .

D ( )  $32T$ .

E ( )  $64T$ .

# ITA 2017 - fechada

**Questão 13.** Uma carga  $q$  de massa  $m$  é solta do repouso num campo gravitacional  $g$  onde também atua um campo de indução magnética uniforme de intensidade  $B$  na horizontal. Assinale a opção que fornece a altura percorrida pela massa desde o repouso até o ponto mais baixo de sua trajetória, onde ela fica sujeita a uma aceleração igual e oposta à que tinha no início.

A ( )  $g(m/qB)^2$

C ( )  $2g(m/qB)^2$

E ( )  $g(m/qB)^2/2$

B ( )  $g(qB/m)^2$

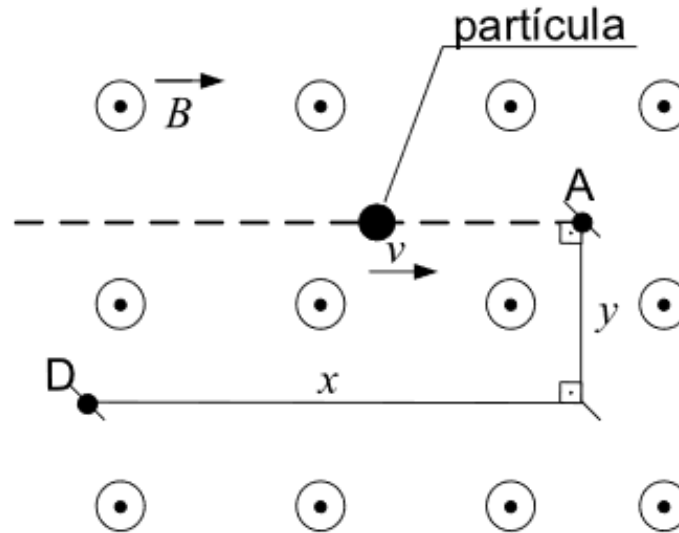
D ( )  $2g(qB/m)^2$

# ITA 2017 - aberta

**Questão 29.** Num ponto de coordenadas  $(0,0,0)$  atua na direção  $x$  um campo de indução magnética com  $2 \times 10^{-5} \text{T}$  de intensidade. No espaço em torno deste ponto coloca-se um fio retilíneo, onde flui uma corrente de 5 A, acarretando nesse ponto um campo de indução magnética resultante de  $2\sqrt{3} \times 10^{-5} \text{T}$  na direção  $y$ . Determine o lugar geométrico dos pontos de intersecção do fio com o plano  $xy$ .



# IME 19-20 - 1ª fase



Uma partícula de massa  $m$  e carga elétrica  $+q$  percorre a trajetória tracejada na figura em velocidade constante  $v$ . No instante em que a partícula alcança o ponto A, surge um campo magnético uniforme com intensidade constante  $B$ , emergindo do plano do papel. A intensidade do campo magnético  $B$  para que a partícula alcance o ponto  $D$  na continuação de sua trajetória é:

(A)  $\frac{(x^2+y^2)mv}{2xq}$

(C)  $\frac{2xmv}{(x^2+y^2)q}$

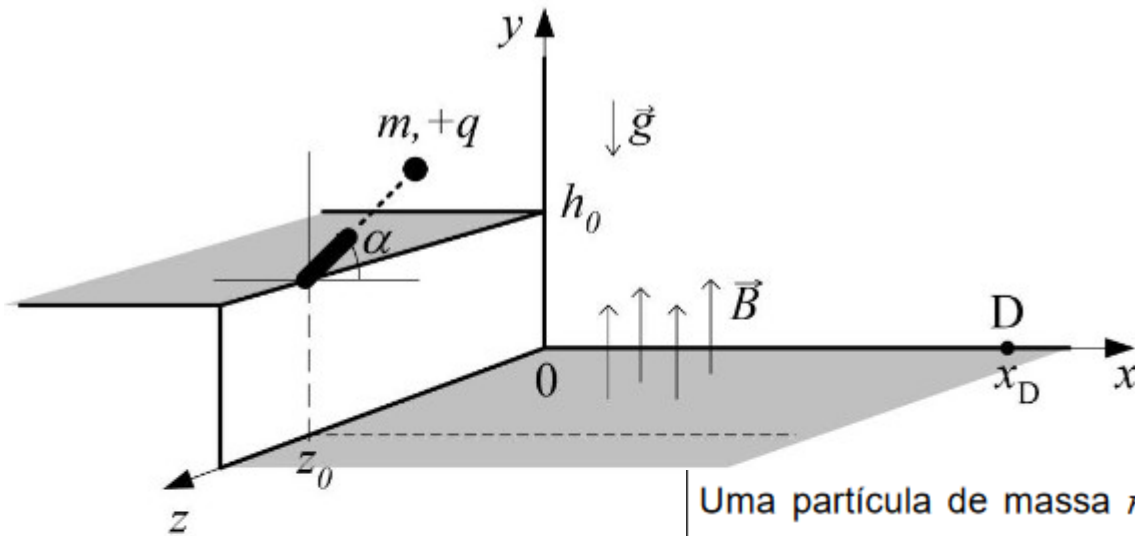
(E)  $\frac{(x^2+y^2)mv}{2yq}$

(B)  $\frac{2ymv}{(x^2+y^2)q}$

(D)  $\frac{2xq}{(x^2+y^2)mv}$

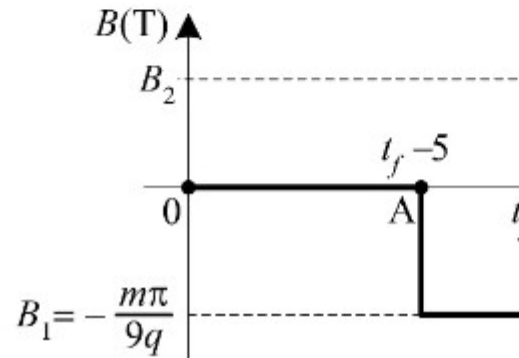
# IME 19-20

## - 2ª fase



### Dados:

- plano de lançamento da partícula  $z = z_0 = \frac{225\sqrt{3}}{\pi}$  m;
- aceleração da gravidade:  $g = 10$  m/s<sup>2</sup>;
- velocidade inicial:  $v_0 = 100$  m/s;
- ângulo de lançamento da partícula:  $\alpha = 30^\circ$ ;
- altura inicial da partícula:  $h_0 = 280$  m.



Uma partícula de massa  $m$  e carga elétrica positiva  $+q$ , a  $t = 0$ , no plano  $z = z_0$ , a uma velocidade inicial  $v_0$  a parâmetro determinado instante de sua trajetória, a partícula é submetida a um campo magnético uniforme  $\vec{B} = (0, B, 0)$ , cuja intensidade varia ao longo do tempo de acordo com o gráfico. Sabendo que  $t_f$  representa o instante em que a partícula encerra seu movimento no ponto  $D$  de coordenadas  $(x_D, 0, 0)$ , ao atingir o plano  $xz$ ; que  $A$  e  $C$  designam as posições da partícula, respectivamente, em  $t = t_f - 5$  s e  $t = t_f - 2$  s; e que a resistência do ar pode ser desprezada, responda o que se pede:

- faça um esboço do gráfico da altura  $y$  da partícula *versus* o tempo  $t$ , desde seu lançamento até alcançar o ponto  $D$ , explicitando a altura máxima alcançada, a do ponto  $A$  e a do ponto  $C$ , com os correspondentes tempos; e
- determine as coordenadas  $x_C$  e  $z_C$  do ponto  $C$ .

# IME 18-19 - 1ª fase

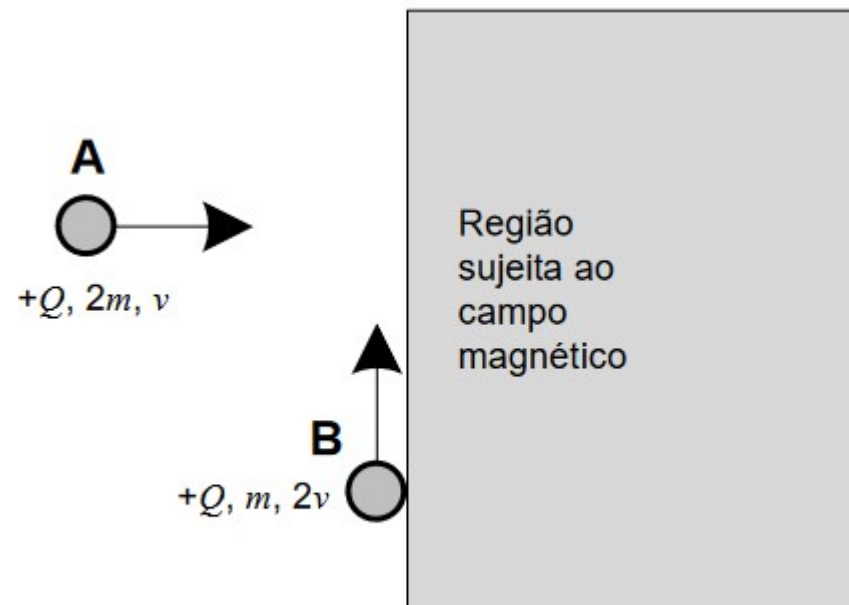


Figura 1

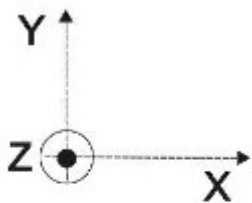


Figura 2

Duas partículas A e B, ambas com carga positiva  $+Q$  e massas  $2m$  e  $m$ , respectivamente, viajam, em velocidades constantes  $v$  e  $2v$  e nas direções e sentidos mostrados na Figura 1, até se chocarem e ficarem grudadas no instante em que penetram numa região sujeita a um campo magnético constante  $(0, 0, B)$ , sendo  $B$  uma constante positiva. O comprimento da trajetória percorrida pelo conjunto A+B dentro da região sujeita ao campo magnético é:

Observações:

- despreze o efeito gravitacional;
- antes do choque, a partícula B viaja tangenciando a região sujeita ao campo magnético;
- o sistema de eixo adotado é o mostrado na Figura 2; e
- despreze a interação elétrica entre as partículas A e B.

(A)  $\frac{3\sqrt{2}\pi m v}{2QB}$

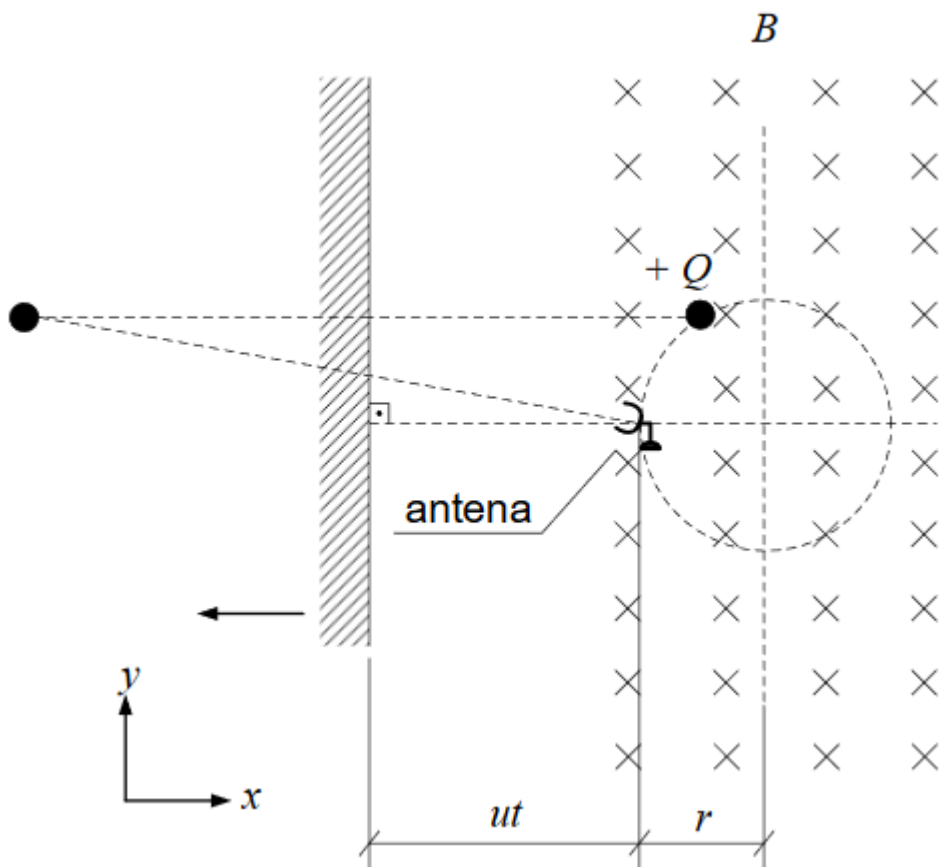
(B)  $\frac{\sqrt{2}\pi m v}{QB}$

(C)  $\frac{3\sqrt{2}\pi m v}{QB}$

(D)  $\frac{3\pi m v}{2QB}$

(E)  $\frac{\sqrt{2}\pi m v}{2QB}$

# IME 18-19 - 2ª fase



Uma partícula carregada efetua um movimento circular na região onde há um campo magnético, conforme mostra a figura. Durante todo o movimento, uma antena situada no ponto mais à esquerda da trajetória acompanha rigorosamente a imagem da partícula refletida em um espelho plano, que se desloca para a esquerda em velocidade constante, conforme mostra a figura. Em função do tempo  $t$  e dos dados da questão, determine:

- as componentes  $x$  e  $y$  da posição da imagem da partícula em relação à antena;
- as componentes  $x$  e  $y$  da velocidade da imagem da partícula; e
- a velocidade angular da antena, a partir dos resultados obtidos nos itens anteriores.

## Considerações:

- no instante  $t = 0$ , a partícula está no ponto mais à direita da trajetória;
- no instante  $t = 0$ , o espelho parte da posição onde está situada a antena; e
- despreze o efeito gravitacional.

## Dados:

- carga da partícula:  $+Q$ ;
- massa da partícula:  $m$ ;
- módulo da velocidade do espelho:  $u$ ;
- módulo da densidade de campo magnético da região:  $B$ ; e
- raio da trajetória:  $r$ .

# IME 17-18 - 1ª fase

Uma partícula elétrica de carga unitária, dotada de massa e inicialmente parada, sofre a ação de um impulso, entrando imediatamente em uma região do espaço na qual o campo magnético é uniforme, passando a realizar um movimento no sistema de coordenadas  $XYZ$ , descrito pelas seguintes funções do tempo  $t$ :

$$\begin{cases} x(t) = 3 \operatorname{sen}(2t) \\ y(t) = 8t \\ z(t) = 3 \operatorname{cos}(2t) \end{cases}$$

Considerando todas as grandezas no Sistema Internacional de Unidades, o módulo do campo magnético é:

Dado:

- impulso: 10.

Observação:

- despreze a força gravitacional.

- (A) 1,00
- (B) 1,50
- (C) 2,00
- (D) 3,00
- (E) 4,00

# IME 17-18 - 2ª fase - 1

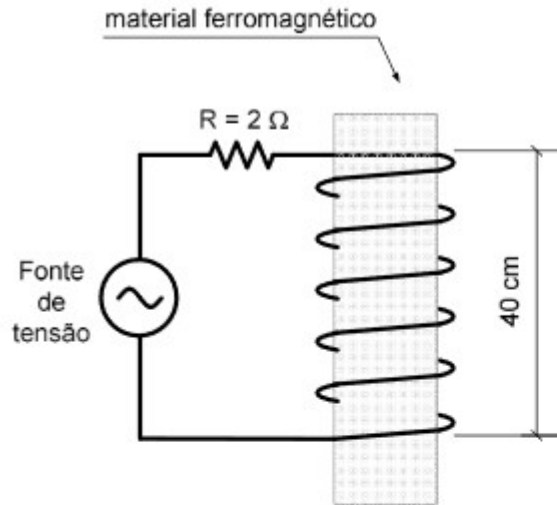


Figura 1

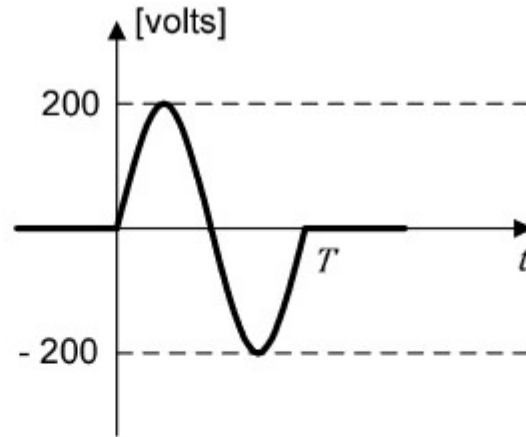


Figura 2

A Figura 1 mostra um material ferromagnético envolto por um solenóide, ao qual é aplicado o pulso de tensão senoidal de duração  $T$ , conforme mostrado na Figura 2. O pulso produz um aquecimento no material ferromagnético, cuja energia, em joules, é dada por:

$$E = 140 \left( \frac{B_{max}}{T} \right)^2$$

- onde:
- energia de aquecimento:  $E$ ;
  - duração do pulso de tensão senoidal aplicado ao solenóide:  $T$ ;
  - densidade máxima do fluxo magnético:  $B_{max}$ .

# IME 17-18 - 2ª fase - 2

A energia proveniente do aquecimento do material ferromagnético é usada para aquecer 15 L de água de 20 °C para 100 °C, sendo que o rendimento desse processo de transferência de calor é 90%.

De acordo com os dados do problema, determine:

- a) a densidade máxima do fluxo magnético  $B_{max}$  ;
- b) a energia produzida no aquecimento do material ferromagnético  $E$  ;
- c) a duração do pulso de tensão senoidal  $T$ .

Dados:

- comprimento do solenóide: 40 cm;
- número de espiras do solenóide: 2.000 espiras;
- calor específico da água:  $1 \frac{\text{cal}}{\text{g } ^\circ\text{C}}$  ;
- $1 \text{ cal} = 4,2 \text{ J}$ ; e
- permeabilidade magnética do material ferromagnético:  $20 \times 10^{-7} \frac{\text{Wb}}{\text{A.m}}$  .

Considerações:

- o comprimento do solenóide é consideravelmente maior que seu raio interno; e
- despreze o efeito indutivo do solenóide.