

**ITA**  
Física

**11**



Actíndios      Sólidos

Outros metais

Não-Metais

Gases nobres

25 Mn Manganés 54.938045	26 Fe Ferro 55.845	27 Co Cobalto 58.933200	28 Ni Níquel 58.6934	29 Cu Cobre 63.546	30 Zn Zinco 65.38	31 Ga Gálio 69.723	32 Ge Germânio 72.64	33 As Arsênio 74.9216	34 Se Selênio 78.96	35 Br Bromo 79.904	36 Kr Criptônio 83.80																																																										
37 Rb Rubídio 85.468	38 Sr Estrôncio 87.62	39 Y Ítrio 88.906	40 Zr Zircônio 91.224	41 Nb Níobio 92.906	42 Mo Molibdênio 95.94	43 Tc Técnetio (98)	44 Ru Rúdio 101.07	45 Rh Ródio 102.9055	46 Pd Paládio 106.42	47 Ag Prata 107.8682	48 Cd Cádmio 112.411	49 In Índio 114.818	50 Sn Estanho 118.710	51 Sb Antimônio 121.757	52 Te Telúrio 127.6	53 I Iodo 126.905	54 Xe Xenônio 131.29	55 Ba Bário 137.327	56 La Lantânio 138.905	57 Ce Célio 140.12	58 Pr Prasecólio 140.908	59 Nd Néólio 144.24	60 Pm Promécio (145)	61 Sm Samaritério 150.36	62 Eu Európio 151.964	63 Gd Gadolínio 157.25	64 Tb Terbólio 158.925	65 Dy Díscio 162.50	66 Ho Hólio 164.930	67 Er Érbio 167.259	68 Tm Tulmio 168.930	69 Yb Ítrio 173.054	70 Lu Lúteo 174.967	71 Hf Háfnio 178.49	72 Ta Tântalo 180.948	73 W Wolfrâmio 183.84	74 Re Rênio 186.207	75 Os Ósmio 190.23	76 Ir Írquio 192.222	77 Pt Platina 195.084	78 Au Ouro 196.967	79 Hg Mercúrio 200.59	80 Tl Telúrio 204.38	81 Pb Chumbo 207.2	82 Bi Bismuto 208.980	83 Po Pólio (209)	84 At Astato (210)	85 Fr Frâncio (223)	86 Ra Rádio (226)	87 Ac Actínio (227)	88 Th Tório 232.0377	89 Pa Protáctio 231.036	90 U Urânio 238.02891	91 Np Neptúlio 237.04817	92 Pu Plutônio 244.0642	93 Am Americônio 243.06138	94 Cm Curvônio 247.07125	95 Bk Berkelônio 247.07125	96 Cf Califórnio 251.0832	97 Es Einsteinônio 252.0832	98 Fm Fermônio 257.10375	99 Md Mendelevônio 258.10375	100 No Nobelônio 259.10375	101 Lr Lawrêncio 262.10375	102 Rf Rutherfordônio 261.10375	103 Db Dubnônio 262.10375	104 Sg Seaborgônio 263.10375	105 Bh Bohrônio 264.10375	106 Og Oganessônio 265.10375

UNITED STATES OF AMERICA

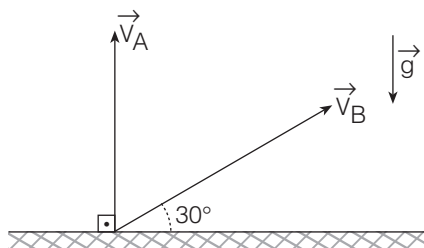




## MÓDULO 41

## Cinemática XI

1.



Em um local onde o efeito do ar é desprezível e a aceleração da gravidade é constante, dois projéteis, A e B, são lançados **simultaneamente** do mesmo ponto do solo com velocidades iniciais  $\vec{V}_A$  e  $\vec{V}_B$ , que têm o mesmo módulo  $V_0$ .

A velocidade  $\vec{V}_A$  é vertical e a velocidade  $\vec{V}_B$  é inclinada de  $30^\circ$  em relação à horizontal. A aceleração da gravidade tem módulo igual a  $g$ . A distância  $d$  entre os projéteis varia com o tempo de movimento  $t$ , segundo a relação:

a)  $d = V_0 t$

b)  $d = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} t$

c)  $d = \frac{V_0}{2} t$

d)  $d = V_0 \frac{\sqrt{3}}{2} t - \frac{g}{2} t^2$

e)  $d = \frac{V_0}{2} t - \frac{g}{2} t^2$

2. (ITA-2009) – Considere hipoteticamente duas bolas lançadas de um mesmo lugar ao mesmo tempo: a bola 1, com velocidade para cima de 30 m/s, e a bola 2, com velocidade de 50 m/s formando um ângulo de  $30^\circ$  com a horizontal. Considerando  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , assinale a distância entre as bolas no instante em que a primeira alcança sua máxima altura.

a)  $d = \sqrt{6250} \text{ m}$

b)  $d = \sqrt{7217} \text{ m}$

c)  $d = \sqrt{17100} \text{ m}$

d)  $d = \sqrt{19375} \text{ m}$

e)  $d = \sqrt{26875} \text{ m}$

3. (AFA-2008) – Considere um pequeno avião voando em trajetória retilínea com velocidade constante nas situações a seguir.

(1) A favor do vento, isto é, na mesma direção e sentido do vento.

(2) Perpendicularmente ao vento.

Sabe-se que o módulo da velocidade do vento é 75% do módulo da velocidade do avião. Para uma mesma distância percorrida, a razão  $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}$ , entre os intervalos de tempo

nas situações (1) e (2), vale

- a)  $\frac{1}{3}$       b)  $\frac{3}{5}$       c)  $\frac{7}{9}$       d)  $\frac{5}{7}$

4. (AFA-2007) – Um avião voa na direção leste a 120 km/h para ir da cidade *A* à cidade *B* em ausência de vento. Havendo vento para o sul com velocidade de módulo 50 km/h, para que o tempo de viagem seja o mesmo, o módulo da velocidade do avião, relativa ao ar, deverá ser

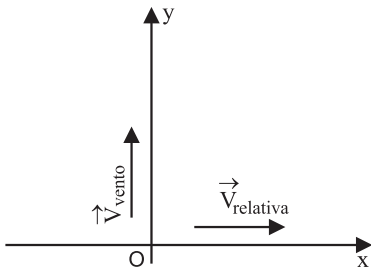
- a) 130 km/h      b) 145 km/h  
c) 170 km/h      d) 185 km/h

## MÓDULO 42

### Cinemática XII

1. (AFA) – Quando uma aeronave decola, ela descreve na pista horizontal uma trajetória retilínea  $Ox$ , partindo do repouso do ponto  $O$  com aceleração escalar constante de  $6,0\text{m/s}^2$ .

Contudo, em um determinado dia, está soprando um vento que arrasta o avião com velocidade constante de módulo  $9,0\text{m/s}$ , em uma direção  $Oy$  paralela ao solo e perpendicular a  $Ox$ .



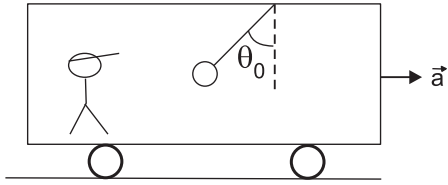
Nestas condições, para um observador fixo na pista, a equação da trajetória da aeronave, em unidades do SI, é dada por:

- a)  $y = \frac{x^2}{81}$       b)  $y = \frac{x^2}{27}$       c)  $y = \frac{x}{3}$
- d)  $y = \frac{x}{2}$       e)  $y = \sqrt{27x}$

2. (ITA-2009) – Um barco leva 10 horas para subir e 4 horas para descer um mesmo trecho do rio Amazonas, mantendo constante o módulo de sua velocidade em relação à água. Quanto tempo o barco leva para descer esse trecho com os motores desligados?

- a) 14 horas e 30 minutos  
b) 13 horas e 20 minutos  
c) 7 horas e 20 minutos  
d) 10 horas  
e) Não é possível resolver porque não foi dada a distância percorrida pelo barco.

3. (ITA-98) – No início do século XX, Albert Einstein propôs que forças inerciais, como aquelas que aparecem em referenciais acelerados, são equivalentes às forças gravitacionais. Considere um pêndulo de comprimento  $L$  suspenso no teto de um vagão de trem em movimento retilíneo com aceleração constante de módulo  $a$ , como mostra a figura.



Em relação a um observador no trem, o período de pequenas oscilações do pêndulo ao redor da sua posição de equilíbrio  $\theta_0$  é

a)  $2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

b)  $2\pi \sqrt{\frac{L}{g+a}}$

c)  $2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 - a^2}}}$

d)  $2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{g^2 + a^2}}}$

e)  $2\pi \sqrt{\frac{L}{\sqrt{ag}}}$

4. (OLÍMPIADA BRASILEIRA DE FÍSICA) – Um estudante dentro de um carro parado observa a chuva cair fazendo um ângulo de  $30^\circ$  com a vertical. Com o carro em movimento retilíneo e uniforme contra a chuva com uma velocidade de módulo  $40\text{km/h}$ , o estudante nota que o ângulo de inclinação da chuva com a vertical aumenta para  $60^\circ$ . Calcule os módulos da:

- a) velocidade da chuva em relação solo;
- b) velocidade da chuva em relação ao carro.

## Eletromagnetismo I

### Ímãs e Campo Magnético

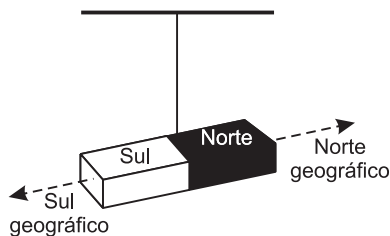
#### 1. INTRODUÇÃO

Certos corpos, denominados ímãs, diferenciam-se por apresentar propriedades notáveis, entre as quais citamos:

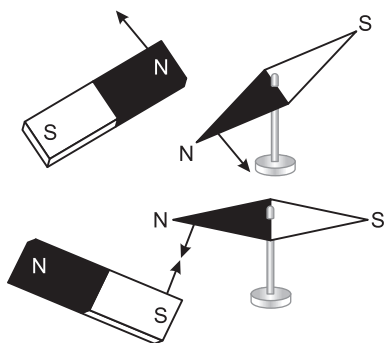
a) **Atraem fragmentos de ferro** (limalha de ferro). Estes aderem às regiões extremas de um ímã em forma de barra. Essas regiões constituem os polos do ímã.



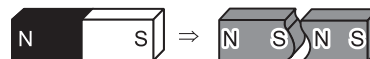
b) Quando suspensos pelo centro de gravidade, orientam-se, aproximadamente, na direção norte-sul geográfica do lugar. A região do ímã que se volta para o Polo Norte geográfico é denominada **polo norte** (N) e a outra região, **polo sul** (S).



c) Exercem entre si **forças de atração** ou de **repulsão**, conforme a posição em que são postos em presença. A experiência mostra que **polos de mesmo nome repelem-se e de nomes contrários atraem-se**.



d) Cortando-se transversalmente um ímã, obtêm-se dois novos ímãs. É a **inseparabilidade** dos polos de um ímã.

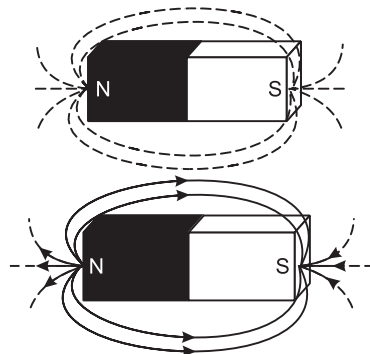


#### 2. CAMPO MAGNÉTICO - LINHAS DE INDUÇÃO

Uma região do espaço modificada pela presença de um ímã recebe a denominação de **campo magnético**.

Uma visualização do aspecto que assume a região que envolve um ímã – uma visualização do espaço que constitui o campo magnético – pode ser obtida com o auxílio de limalhas de ferro (que se comportam como minúsculas agulhas magnéticas).

A limalha de ferro concentra-se ao redor dos polos e distribui-se em linhas curvas determinadas, que se estendem de um polo a outro.



Essas linhas, segundo as quais as limalhas de ferro se distribuem, chamam-se **linhas de indução**. Elas permitem visualizar o campo magnético de um ímã. Convencionou-se que as linhas de indução saem do polo norte e entram no polo sul.

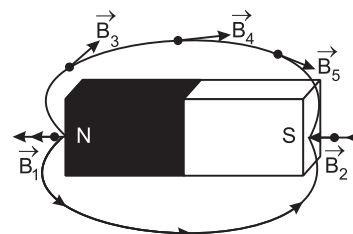
#### 3. VETOR INDUÇÃO MAGNÉTICA

A fim de se caracterizar a ação de um ímã, em cada ponto do campo magnético associa-se um vetor, denominado **vetor indução magnética** ( $\vec{B}$ ), que atende às seguintes características.

a) Sua **direção** é tangente à linha de indução que passa pelo ponto considerado.

b) Seu **sentido** concorda com o sentido da linha de indução, na convenção dada.

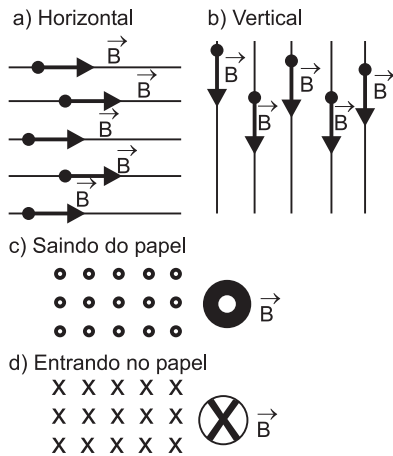
c) Seu **módulo** assume valor que, em geral, depende da posição do ponto.



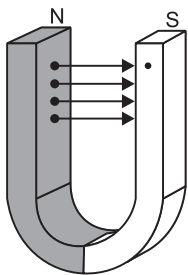
A unidade do módulo do vetor indução no Sistema Internacional denomina-se **tesla** (T).

**Campo magnético uniforme** é aquele cujo vetor indução  $\vec{B}$  é **constante**, isto é, em todos os pontos B tem mesma direção, mesmo sentido e mesmo módulo.

As linhas de indução de um campo magnético uniforme são retas paralelas e igualmente distribuídas.



Um campo magnético uniforme aproximado pode ser obtido entre os polos de um ímã em forma de U. Ressalve-se, no entanto, que esse campo ocorre longe das extremidades, conforme a figura abaixo.



A produção de campos magnéticos não se prende somente à presença de ímãs. Em 1820, o físico Oersted descobriu que a passagem de corrente elétrica por um fio também produz campos magnéticos.

Assim, podemos estender o conceito de campo magnético, considerando-o uma região em torno de um ímã ou uma região do espaço que envolve um condutor percorrido por corrente elétrica. Estes últimos serão estudados nos próximos capítulos.

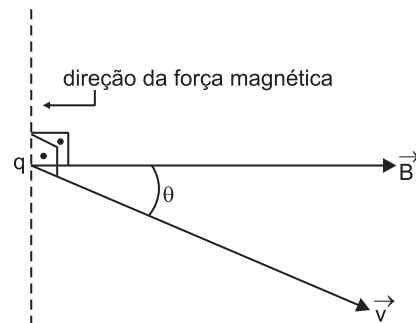
Uma generalização maior ainda é considerar que, no caso do ímã, o campo magnético é decorrente de movimentos particulares que os elétrons realizam no interior de seus átomos.

## Força Magnética de Lorentz

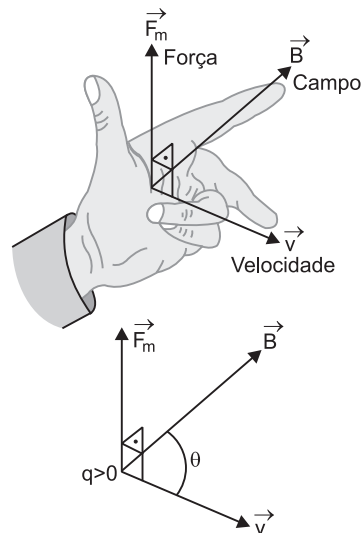
Mostra a experiência que o campo magnético é capaz de atuar sobre uma carga em movimento, exercendo nela uma força de campo denominada **Força magnética de Lorentz**, que desvia a carga de sua trajetória original.

Se indicarmos por  $\vec{B}$  o vetor indução magnética que caracteriza o campo magnético no ponto por onde está passando a carga elétrica  $q$ , cuja velocidade é  $\vec{v}$ , e por  $\theta$  o ângulo que o vetor velocidade forma com o vetor indução, a força de origem magnética que passa a agir na carga apresentará as seguintes características:

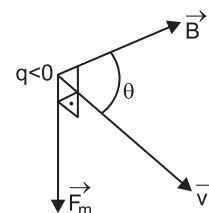
a) **Direção:** é sempre perpendicular ao vetor indução  $\vec{B}$  e ao vetor velocidade  $\vec{v}$ , isto é, perpendicular ao plano  $(\vec{B}, \vec{v})$ .



b) **Sentido:** é dado pela regra da mão esquerda, para cargas positivas.



Se a carga elétrica  $q$  é negativa, o sentido da  $\vec{F}_m$  é o oposto àquele fornecido pela regra da mão esquerda.



c) **Módulo**

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \text{sen } \theta$$

$\theta$  é o ângulo que o vetor  $\vec{v}$  forma com o vetor  $\vec{B}$ .



# Movimento de uma Partícula Eletrizada em um Campo Magnético Uniforme

## 1. DINÂMICA DO MOVIMENTO DE UMA CARGA ELÉTRICA NUM CAMPO MAGNÉTICO

Sabemos que quando uma carga elétrica ( $q$ ) se movimenta num campo magnético, ela pode ficar sujeita à ação da Força magnética de Lorentz.

Essa força ( $F_m$ ), quando existe, é sempre perpendicular ao vetor indução magnética ( $\vec{B}$ ) e ao vetor velocidade ( $\vec{v}$ ).

Concluimos, então, que a força magnética é uma resultante centrípeta (pois  $\vec{F}_m \perp \vec{v}$ ) e, portanto, altera a direção do vetor velocidade  $\vec{v}$ , mas não altera seu módulo.

Decorre, portanto, que

**O movimento de uma carga elétrica, sob a ação exclusiva de um campo magnético, é uniforme.**

## 2. MOVIMENTOS PARTICULARES DE UMA CARGA ELÉTRICA EM CAMPOS MAGNÉTICOS UNIFORMES

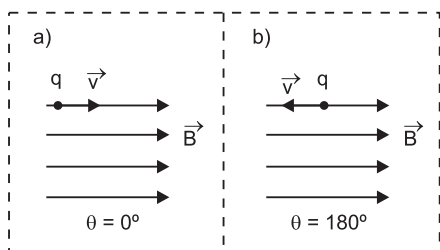
O movimento particular que uma carga elétrica passa a executar quando penetra numa região onde reina um campo magnético uniforme depende do modo pelo qual ela penetra no campo.

Analisaremos, a seguir, três casos distintos.

### 1º Caso

Carga elétrica lançada na mesma direção das linhas de indução do campo magnético.

Neste caso:  $\theta = 0^\circ$  ou  $\theta = 180^\circ$ ; ( $\vec{v} \parallel \vec{B}$ ).



Sendo  $\sin 0^\circ = 0$  e  $\sin 180^\circ = 0$ , da expressão do módulo da Força magnética de Lorentz

$$F_m = |q| \cdot v \cdot B \cdot \sin \theta$$

decorre

$$F_m = 0$$

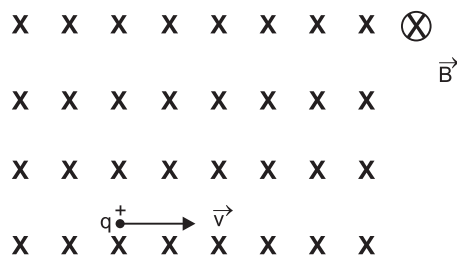
e concluímos:

**Carga elétrica lançada na direção das linhas de indução de um campo magnético uniforme realiza um movimento retilíneo e uniforme.**

### 2º Caso

Carga elétrica lançada perpendicularmente às linhas de indução do campo magnético uniforme.

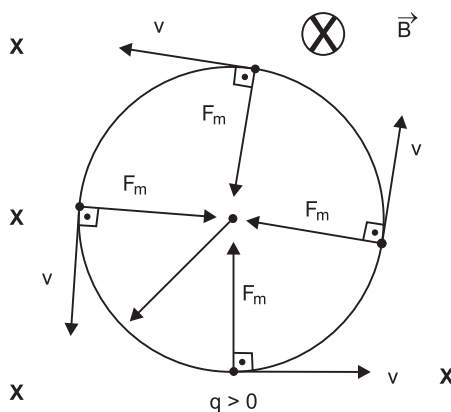
Neste caso:  $\theta = 90^\circ$ ; ( $\vec{v} \perp \vec{B}$ ).

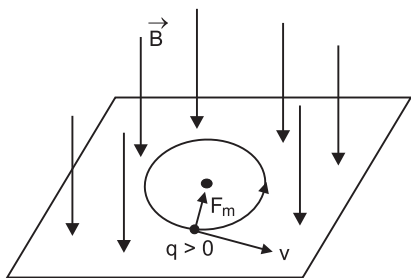


Sendo  $\sin 90^\circ = 1$ , resulta

$F_m = |q| \cdot v \cdot B$ . Esta expressão mostra que a força magnética tem intensidade constante, uma vez que  $q$ ,  $v$  e  $B$  são constantes. Desse modo a carga elétrica está sob ação de uma força de intensidade constante, cuja direção é perpendicular ao vetor velocidade ( $\vec{v}$ ).  $\vec{F}_m$  e  $\vec{v}$  estão sempre no mesmo plano e são perpendiculares às linhas de indução. Nessas condições, da dinâmica, concluímos que a carga elétrica realiza **movimento circular e uniforme**.

**Uma carga elétrica lançada perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme realiza movimento circular e uniforme sobre uma circunferência cujo plano é perpendicular às linhas de indução.**





### 3. CÁLCULO DO RAIOS DA CIRCUNFERÊNCIA

Como a força magnética ( $\vec{F}_m$ ) é uma resultante centrípeta ( $\vec{F}_{cp}$ ), resulta

$$F_m = F_{cp}$$

$$|q| \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

Portanto

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| B}$$

### 4. CÁLCULO DO PERÍODO

Sendo o movimento uniforme, podemos escrever  $\Delta s = v \cdot \Delta t$ . Numa volta completa, tem-se

$$\Delta s = 2\pi R \text{ e } \Delta t = T$$

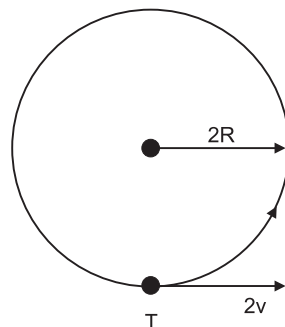
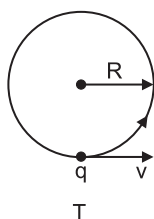
$$\text{Logo, } 2\pi \cdot R = vT$$

$$2\pi \cdot \frac{m \cdot v}{|q| B} = v \cdot T$$

$$T = \frac{2\pi m}{|q| B}$$

#### Observações

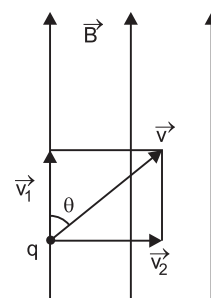
1ª) Nem o período nem a frequência do movimento dependem da velocidade de lançamento. Aumentando-se a velocidade  $v$  de lançamento, aumenta o raio da circunferência descrita. A distância a ser percorrida aumenta na mesma proporção com que  $v$  foi aumentado e o período não se altera.



2ª) O trabalho da força magnética é nulo, pois ela é centrípeta.

#### 3º Caso

Carga elétrica lançada obliquamente às linhas de indução.



A análise desse movimento fica simples quando se decompõe a velocidade  $\vec{v}$  em duas componentes perpendiculares, uma na direção de  $\vec{B}$  e outra na direção perpendicular a  $\vec{B}$ .

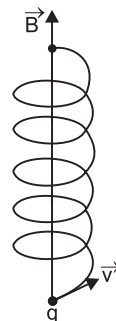
a) A componente na direção de  $\vec{B}$  ( $\vec{v}_1$ ) permanece constante e, ao longo dessa direção, a partícula descreve MRU (1º caso).

b) A componente perpendicular a  $\vec{B}$  ( $\vec{v}_2$ ), de acordo com o 2º caso, determina que a partícula execute MCU.

A superposição desses dois movimentos é um movimento helicoidal e uniforme. A trajetória é uma hélice de eixo paralelo às linhas de indução do campo.

A hélice é descrita na superfície de um cilindro cujo eixo tem a direção de  $\vec{B}$  e cujo raio é dado por

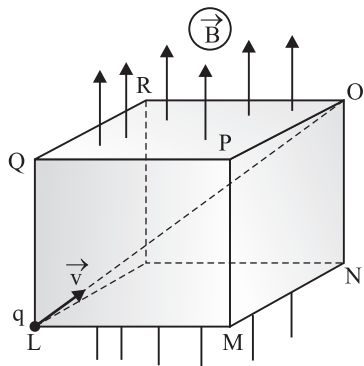
$$R = \frac{m \cdot v_2}{|q| \cdot B} \quad \text{ou} \quad R = \frac{m \cdot v \cdot \text{sen } \theta}{|q| \cdot B}$$



## MÓDULO 44

### Eletromagnetismo II

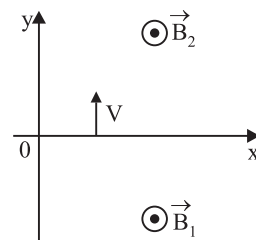
1. Considere um cubo abstrato, inserto com suas bases perpendicularmente às linhas de indução de um campo magnético uniforme, de intensidade  $\sqrt{6} \cdot 10^5$  T. Uma carga puntiforme  $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C “adentra o cubo” com velocidade  $4,0 \cdot 10^5$  m/s na direção da diagonal  $\overline{LO}$  e no sentido de L para O.



A intensidade da força magnética à qual está sujeita a referida carga, no instante da penetração em L, é

- a)  $1,6 \cdot 10^{-9}$  N      b)  $3,2 \cdot 10^{-9}$  N      c)  $4,8 \cdot 10^{-9}$  N  
d)  $1,28 \cdot 10^{-8}$  N      e)  $2,56 \cdot 10^{-8}$  N

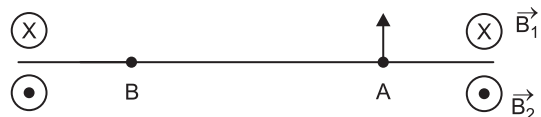
2. (ITA-96) – Na figura abaixo, numa experiência hipotética, o eixo x delimita a separação entre duas regiões com valores diferentes de campo de indução magnética,  $B_1$  para  $y < 0$  e  $B_2$  para  $y > 0$ , cujos sentidos são iguais (saindo da página). Uma partícula de carga positiva,  $+q$ , é lançada de um ponto do eixo x com velocidade V no sentido positivo do eixo y.



Nessas condições pode-se afirmar que

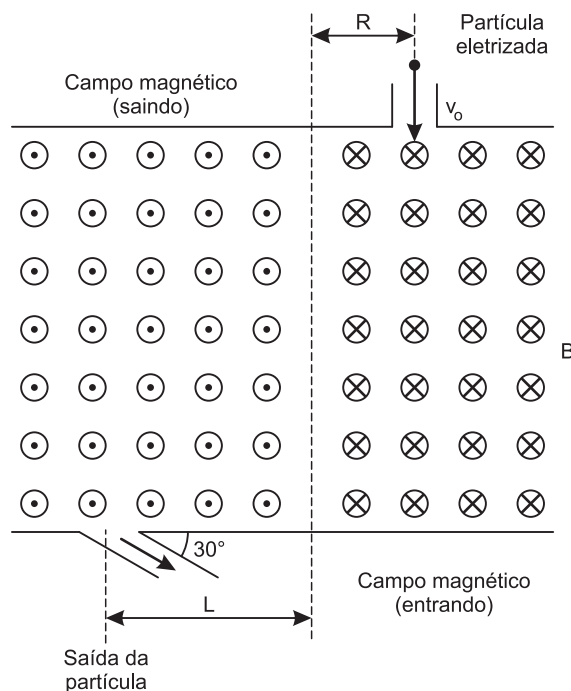
- a) a partícula será arrastada, com o passar do tempo, para a esquerda (valores de x decrescentes) se  $B_1 < B_2$ .  
b) a partícula será arrastada, com o passar do tempo, para a esquerda (valores de x decrescentes) se  $B_1 > B_2$ .  
c) a partícula seguirá uma trajetória retilínea.  
d) a partícula descreverá uma trajetória circular.  
e) nenhuma das afirmativas acima é correta.

3. (ITA-2000) – A figura mostra duas regiões nas quais atuam campos magnéticos orientados em sentidos opostos e de magnitudes  $B_1$  e  $B_2$ , respectivamente. Um próton de carga  $q$  e massa  $m$  é lançado do ponto  $A$  com uma velocidade  $\vec{V}$  perpendicular às linhas de campo magnético. Após um certo tempo  $t$ , o próton passa por um ponto  $B$  com a mesma velocidade inicial  $\vec{V}$  (em módulo, direção e sentido). Qual é o menor valor desse tempo?



- a)  $\frac{m \pi}{q} \left( \frac{B_1 + B_2}{B_1 B_2} \right)$       b)  $\frac{2 m \pi}{q B_1}$
- c)  $\frac{2 m \pi}{q B_2}$       d)  $\frac{4 m \pi}{q (B_1 + B_2)}$
- e)  $\frac{m \pi}{q B_1}$

4. (IME-2010) – Uma partícula eletrizada penetra perpendicularmente em um local imerso em um campo magnético de intensidade  $B$ . Este campo é dividido em duas regiões, onde os seus sentidos são opostos, conforme é apresentado na figura.



Para que a partícula deixe o local com um ângulo de  $30^\circ$ , é correto afirmar que a eletrização da partícula e a intensidade do campo magnético que possui o sentido saindo do plano do papel devem ser, respectivamente:

Dados:

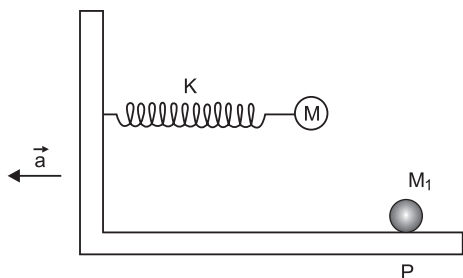
- $R$ : raio da trajetória da partícula na região onde existe um campo magnético.
- $L/R = 3$

- a) positiva e de valor  $B/3$ .
- b) positiva e de valor  $B/6$ .
- c) negativa e de valor  $B/6$ .
- d) positiva e de valor  $2B/3$ .
- e) negativa e de valor  $2B/3$ .

# exercícios-tarefa

## ■ MÓDULOS 41 E 42

1. (ITA) – A plataforma P da figura está fora do campo gravitacional da Terra. Ela é acelerada para a esquerda com aceleração  $\vec{a}$  em relação a um observador inercial B, fora da plataforma.



Seja A um observador solidário à plataforma.

Sejam M e  $M_1$  dois corpos quaisquer, sendo que o primeiro está ligado à plataforma por meio de uma mola K que mantém seu comprimento constante e o segundo está apenas apoiado sobre a plataforma. Os observadores A e B observam os dois corpos, de modo que,

- para A,  $M_1$  está em repouso e M tem aceleração  $-\vec{a}$ ;
- para B,  $M_1$  e M têm aceleração  $\vec{a}$ ;
- para A,  $M_1$  tem aceleração  $-\vec{a}$  e M tem aceleração  $\vec{a}$ ;
- para B,  $M_1$  está parado e M tem aceleração  $\vec{a}$ ;
- nenhuma é correta.

2. (ITA) – Uma partícula move-se no plano (x, y) de acordo com as equações:

$$x = V_0 t \quad \text{e} \quad y = A \cos \omega t$$

em que  $V_0 = 3,0\text{m/s}$ ,  $A = 1,00\text{m}$  e  $\omega = 8,0\text{rad/s}$ .

Calcule o módulo da velocidade da partícula no instante

em que  $\omega t = \frac{\pi}{6}$  rad.

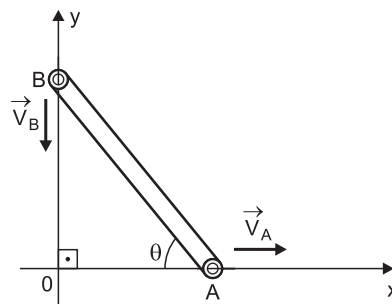
- $V = 4,2\text{m/s}$
- $V = 5,0\text{m/s}$
- $V = 7,6\text{m/s}$
- $V = 8,0\text{m/s}$
- $V = 9,4\text{m/s}$

(Dado:  $V_y = \frac{dy}{dt} = -A\omega \sin \omega t$ )

3. (ITA-94) – Um barco, com motor em regime constante, desce um trecho de um rio em 2,0 horas e sobe o mesmo trecho em 4,0 horas. Quanto tempo levará o barco para percorrer o mesmo trecho, rio abaixo, com o motor desligado?

- 3,5 horas
- 6,0 horas
- 8,0 horas
- 4,0 horas
- 4,5 horas

4. Uma haste rígida tem, em suas duas extremidades, argolas que podem deslizar livremente em dois eixos perpendiculares e fixos, x e y.



Num determinado instante  $t_1$ , a argola A tem velocidade de módulo  $V_A$  e a haste forma um ângulo  $\theta$  com o eixo  $Ox$ . Nesse instante  $t_1$ , a velocidade da argola B tem módulo  $V_B$  dado por

- $V_B = V_A \cos \theta$
- $V_B = V_A \sin \theta$
- $V_B = V_A \operatorname{tg} \theta$
- $V_B = V_A \operatorname{cotg} \theta$
- $V_B = V_A$

5. (UERJ) – Um barco percorre seu trajeto de descida de um rio, a favor da correnteza, com velocidade de módulo  $2,0\text{m/s}$  em relação à água. Na subida, contra a correnteza, retornando ao ponto de partida, sua velocidade tem módulo de  $8,0\text{m/s}$ , também em relação à água.

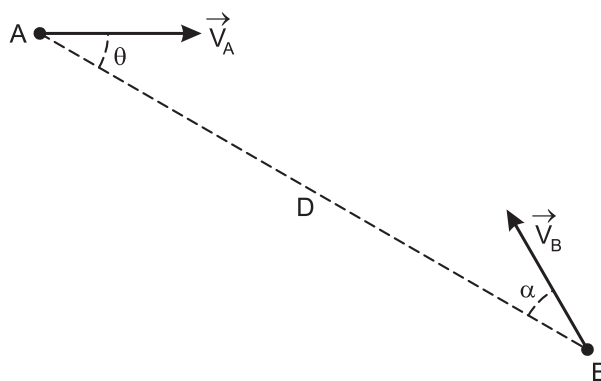
Considere que

- o barco navegue sempre em linha reta e na direção da correnteza;
- a velocidade da correnteza seja sempre constante;
- a soma dos tempos de descida e de subida do barco seja igual a 10 min.

Assim, a maior distância, em metros, que o barco pode percorrer, em relação às margens, neste intervalo de tempo, é igual a:

- 1250
- 1500
- 1750
- 2000
- 3000

6. Em um plano horizontal sem atrito, duas partículas, A e B, deslocam-se livremente com movimentos retilíneos e uniformes e velocidades de módulos  $V_A$  e  $V_B$ . Em um dado instante  $t_0 = 0$ , a distância entre as partículas vale  $D$  e as orientações de suas velocidades estão indicadas na figura.



Determine

- a relação entre  $V_A$ ,  $V_B$ ,  $\theta$  e  $\alpha$  para que haja encontro das partículas.
- na condição de encontro, com  $V_A$  e  $\theta$  fixos, o ângulo  $\alpha$  para que  $V_B$  seja mínimo e calcule o respectivo valor de  $V_B$ .
- o instante de encontro entre as partículas.

7. Uma escada rolante tem velocidade constante de módulo  $V_E$  em relação ao solo terrestre.

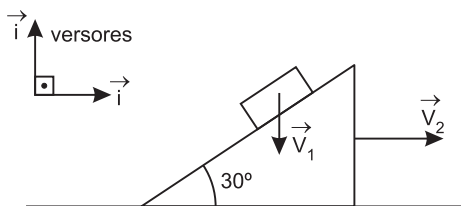
Uma pessoa caminha ao longo da escada rolante, no mesmo sentido em que ela se movimenta, com velocidade constante de módulo  $V_P$  em relação à escada e faz um trajeto do andar térreo até o 1º andar em um tempo  $T_1$ .

A mesma pessoa, usando a mesma escada, vai do 1º andar para o andar térreo, caminhando em sentido contrário ao do movimento da escada, com velocidade constante de mesmo módulo  $V_P$  em relação à escada em um tempo  $T_2$ . Se a pessoa voltar a fazer o mesmo trajeto do andar térreo ao 1º andar, usando a mesma escada rolante, porém parada em relação à escada, o tempo de percurso será  $T$ .

Determine em função de  $T_1$  e  $T_2$ :

- a razão  $\frac{V_P}{V_E}$
- o valor de  $T$

8. (FUVEST-SP) – Um bloco desliza sobre a superfície inclinada de uma cunha que, por sua vez, move-se horizontalmente sobre o solo, conforme figura abaixo. Num dado instante de tempo, a velocidade do bloco em relação ao solo é  $\vec{V}_1 = -(3,0\text{m/s})\vec{j}$ . Nesse mesmo instante de tempo, a velocidade  $\vec{V}_2$  da cunha, em relação ao solo, medida no SI, é igual a



- $3,0\vec{i}$
- $4,0\vec{i}$
- $5,2\vec{i}$
- $6,0\vec{i}$
- $6,9\vec{i}$

## ■ MÓDULOS 43 E 44

1. (ITA-82) – Qual dos esquemas abaixo ilustra o movimento de uma partícula carregada em um campo magnético uniforme?

Convenções:  $\oplus$  carga elétrica positiva;  $\ominus$  carga elétrica negativa;  $\otimes$  campo magnético “entrando” na página;  $\odot$  campo magnético “saindo” da página;  $\vec{F}$  força de origem magnética;  $\vec{B}$  campo de indução magnética;  $\vec{V}$  velocidade da partícula.

2. (ITA-92) – Consideremos uma carga elétrica  $q$  entrando com velocidade  $\vec{V}$  num campo magnético  $\vec{B}$ . Para que a trajetória de  $q$  seja uma circunferência é necessário e suficiente que:

- $\vec{V}$  seja perpendicular a  $\vec{B}$  e que  $\vec{B}$  seja uniforme e constante.
- $\vec{V}$  seja paralelo a  $\vec{B}$ .
- $\vec{V}$  seja perpendicular a  $\vec{B}$ .
- $\vec{V}$  seja perpendicular a  $\vec{B}$  e que  $\vec{B}$  tenha simetria circular.
- Nada se pode afirmar pois não é dado sinal de  $q$ .

3. (ITA-86) – Numa experiência inédita, um pesquisador dirigiu um feixe de partículas desconhecidas para dentro de uma região em que existe um campo de indução magnética uniforme  $\vec{B}$ . Ele observou que todas as partículas descreveram trajetórias circulares de diferentes raios ( $R$ ), mas todas com mesmo período. Poderá ele afirmar com certeza que o feixe é constituído

- a) de partículas iguais e com mesma velocidade inicial, pois todas as partículas descrevem órbitas circulares de mesmo período;
- b) de partículas diferentes, mas todas com mesma velocidade inicial, pois todas as partículas descrevem órbitas circulares de mesmo período;
- c) de partículas que apresentam o mesmo quociente entre carga elétrica ( $q$ ) e massa ( $m$ ), independentemente de sua velocidade inicial;
- d) de partículas que apresentam o mesmo quociente entre carga elétrica ( $q$ ) e massa ( $m$ ) e mesma velocidade inicial, pois todas as partículas descrevem órbitas circulares de mesmo período;
- e) nenhuma das afirmações anteriores está correta.

4. (ITA-80) – Uma partícula de carga elétrica  $q$  e massa  $m$  realiza um movimento circular uniforme, sob a ação de um campo de indução magnética uniforme. Calcular o período do movimento.

a)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{qB}{m}}$       b)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{mB}{q}}$

c)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{q}{mB}}$       d)  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{qB}}$

e)  $T = \frac{2\pi \cdot m}{qB}$

5. (IME-2007) – Uma partícula com carga elétrica penetra, ortogonalmente, num campo magnético uniforme com velocidade  $v$  no ponto cujas coordenadas ( $x, y$ ) são (0,0) e sai do campo no ponto (0,2R). Durante a permanência no campo magnético, a componente  $x$  da velocidade da partícula no instante  $t$  é dada por:

a)  $v \sin\left(\frac{\pi vt}{R}\right)$       b)  $v \cos\left(\frac{\pi vt}{R}\right)$

c)  $v \cos\left(\frac{vt}{R}\right)$       d)  $v \cos\left(\frac{2vt}{R}\right)$

e)  $v \cos\left(\frac{vt}{2R}\right)$

## resolução dos exercícios-tarefa

### ■ MÓDULOS 41 E 42

1) Resposta: D

2) 1)  $x = V_0 t$

$$V_x = \frac{dx}{dt} = V_0 = 3,0 \text{ m/s}$$

2)  $y = A \cos \omega t$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = -A\omega \sin \omega t$$

$$V_y = -1,00 \cdot 8,0 \sin \frac{\pi}{6}$$

$$V_y = -4,0 \text{ m/s}$$

3)  $V^2 = V_x^2 + V_y^2$

$$V = \sqrt{3,0^2 + (-4,0)^2} \Rightarrow \boxed{V = 5,0 \text{ m/s}}$$

Resposta: B

3) Seja  $V_B$  o módulo da velocidade do barco em relação às águas, e  $V_C$  o módulo da velocidade da correnteza.

1) Na descida do rio, temos:

$$V_B + V_C = \frac{d}{\Delta t_1} \Rightarrow V_B + V_C = \frac{d}{2,0} \quad (1)$$

2) Na subida do rio, temos:

$$V_B - V_C = \frac{d}{\Delta t_2} \Rightarrow V_B - V_C = \frac{d}{4,0} \quad (2)$$

3) Comparando-se (1) e (2), vem:

$$2,0 (V_B + V_C) = 4,0 (V_B - V_C)$$

$$V_B + V_C = 2,0 V_B - 2,0 V_C \Rightarrow \boxed{V_B = 3,0 V_C}$$

4) Com o motor desligado, temos:

$$V_C = \frac{d}{\Delta t_3} \quad (3)$$

5) Comparando-se (1) e (3), vem:

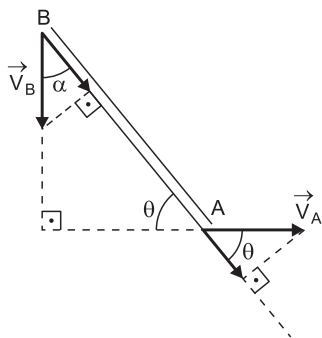
$$2,0 (V_B + V_C) = V_C \cdot \Delta t_3$$

$$2,0 (3,0 V_C + V_C) = V_C \Delta t_3 \Rightarrow \boxed{\Delta t_3 = 8,0 \text{ h}}$$

Resposta: C



4) Como a haste é rígida (tamanho constante), os componentes de  $\vec{V}_A$  e  $\vec{V}_B$ , na direção da haste, deverão ser iguais.



$$V_A \cos \theta = V_B \cos \alpha$$

Porém,  $\cos \alpha = \sin \theta$

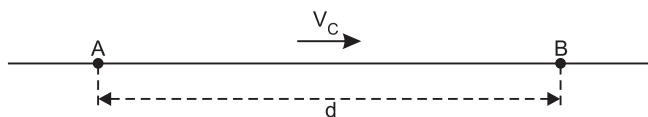
$$V_A \cos \theta = V_B \sin \theta$$

$$V_B = V_A \cdot \frac{\cos \theta}{\sin \theta}$$

$$V_B = V_A \cdot \cotg \theta$$

Resposta: D

5)



1) Na descida do rio de A para B, temos:

$$d = (2,0 + v_c) t_1 \text{ (I)}$$

2) Na subida do rio de B para A, temos:

$$d = (8,0 - v_c) t_2 \text{ (II)}$$

3) O tempo total T é dado por:

$$T = t_1 + t_2$$

$$600 = \frac{d}{2,0 + v_c} + \frac{d}{8,0 - v_c}$$

$$600 = d \left[ \frac{1}{2,0 + v_c} + \frac{1}{8,0 - v_c} \right]$$

$$600 = d \frac{(8,0 - v_c + 2,0 + v_c)}{(2,0 + v_c)(8,0 - v_c)}$$

$$600 = \frac{10,0 d}{(2,0 + v_c)(8,0 - v_c)}$$

$$d = 60 (2,0 + v_c)(8,0 - v_c)$$

A distância total é  $D = 2d$

$$D = 120 (2,0 + v_c)(8,0 - v_c)$$

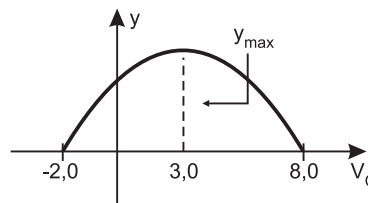
$$\text{Seja } y = (2,0 + v_c)(8,0 - v_c)$$

$y = f(v_c)$  é um trinômio do 2º grau com raízes

$$v_c = -2,0 \quad \text{e} \quad v_c = 8,0$$

O valor máximo de  $y$  ocorre para

$$v_c = \frac{-2,0 + 8,0}{2} = 3,0$$



Portanto:

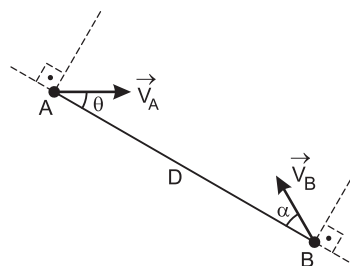
$$D_{\text{máx}} = 120 (2,0 + 3,0)(8,0 - 3,0) \text{ (m)}$$

$$D_{\text{máx}} = 120 \cdot 5,0 \cdot 5,0 \text{ (m)}$$

$$D_{\text{máx}} = 3000 \text{ m}$$

Resposta: E

6)



a) Para que haja encontro, a velocidade relativa entre A e B deve ser dirigida segundo a reta AB, isto é, as componentes das velocidades  $\vec{V}_A$  e  $\vec{V}_B$ , na direção perpendicular a AB, deverão ser iguais:

$$V_A \sin \theta = V_B \sin \alpha \text{ (condição de encontro)}$$

b) Da relação anterior, vem:

$$V_B = \frac{V_A \sin \theta}{\sin \alpha}$$

$V_B$  será mínima quando  $\sin \alpha = 1$  e  $\alpha = 90^\circ$

$$V_{B(\text{mín})} = V_A \sin \theta$$

$$c) V_{\text{rel}} = \frac{\Delta s_{\text{rel}}}{\Delta t}$$

$$V_A \cos \theta + V_B \cos \alpha = \frac{D}{T_E}$$

$$T_E = \frac{D}{V_A \cos \theta + V_B \cos \alpha}$$

Respostas: a)  $V_A \sin \theta = V_B \sin \alpha$

b)  $\alpha = 90^\circ$  e  $V_B = V_A \sin \theta$

c)  $T_E = \frac{D}{V_A \cos \theta + V_B \cos \alpha}$

7) a)  $\Delta s = Vt$  (MU)

Na subida:  $d = (V_P + V_E) T_1$  (1)

Na descida:  $d = (V_P - V_E) T_2$  (2)

Na subida com a pessoa parada:  $d = V_E T$  (3)

(1) = (2) :  $(V_P + V_E) T_1 = (V_P - V_E) T_2$

Dividindo-se toda a expressão por  $V_E$ :

$$\left( \frac{V_P}{V_E} + 1 \right) T_1 = \left( \frac{V_P}{V_E} - 1 \right) T_2$$

$$\frac{V_P}{V_E} T_1 + T_1 = \frac{V_P}{V_E} T_2 - T_2$$

$$\frac{V_P}{V_E} (T_2 - T_1) = T_2 + T_1 \Rightarrow \frac{V_P}{V_E} = \frac{T_2 + T_1}{T_2 - T_1}$$

b) (1) = (3)

$$(V_P + V_E) T_1 = V_E T$$

$$\left( \frac{T_2 + T_1}{T_2 - T_1} V_E + V_E \right) T_1 = V_E T$$

$$\left( \frac{T_2 + T_1}{T_2 - T_1} + 1 \right) T_1 = T$$

$$\left( \frac{T_2 + T_1 + T_2 - T_1}{T_2 - T_1} \right) T_1 = T$$

$$T = \frac{2T_2 T_1}{T_2 - T_1}$$

Respostas: a)  $\frac{V_P}{V_E} = \frac{T_2 + T_1}{T_2 - T_1}$

b)  $T = \frac{2T_2 T_1}{T_2 - T_1}$

8) De acordo com o teorema de Roberval, temos:

$$\vec{V}_R = \vec{V}_{rel} + \vec{V}_{arr}$$

$$\vec{V}_R = \vec{V}_1 = -3,0 \vec{j} \text{ (SI)}$$

$$\vec{V}_{arr} = \vec{V}_2$$

A velocidade relativa é paralela à superfície da cunha:

Da figura, temos:  $\text{tg } 30^\circ = \frac{|\vec{V}_1|}{|\vec{V}_2|}$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{3,0}{|\vec{V}_2|} \Rightarrow |\vec{V}_2| = 3,0 \sqrt{3} \text{ m/s} \approx 5,2 \text{ m/s}$$

Portanto:  $\vec{V}_2 = 5,2 \vec{i}$

Resposta: C

## ■ MÓDULOS 43 E 44

1) Utilizando-se a Regra da Mão Esquerda em cada uma das alternativas, observa-se que a única em que as duas figuras são corretas é a alternativa D.

Resposta: D

2) Resposta: A

3) 1)  $F_{mag} = F_{cp}$

$$B |q| V \sin \theta = \frac{m V^2}{R}$$

$$B |q| \sin 90^\circ = \frac{m V}{R}$$

$$R = \frac{m V}{|q| B}$$

$$2) V = \frac{2\pi R}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{V} \frac{m V}{|q| B} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{B} \frac{m}{|q|}$$

Da expressão acima, conclui-se que, se todas as partículas descrevem movimentos circulares e uniformes de mesmo período, então a razão

$\frac{m}{|q|}$  é a mesma para todas as partículas, inde-

pendentemente do módulo da velocidade com que estas penetram no campo magnético.

Resposta: C

4) 1)  $F_{\text{mag}} = F_{\text{cp}}$

$$B |q| V \sin \theta = \frac{m V^2}{R}$$

$$B |q| \sin 90^\circ = \frac{m V}{R}$$

$$V = \frac{B |q| R}{m} \quad (\text{I})$$

2) No movimento circular e uniforme, temos:

$$V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} \quad (\text{II})$$

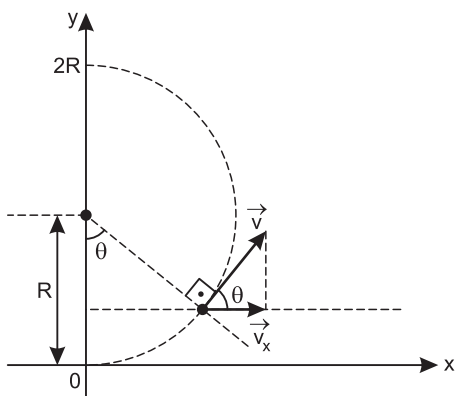
3) Igualando I e II, vem:

$$\frac{2\pi R}{T} = \frac{B |q| R}{m}$$

$$T = \frac{2\pi \cdot m}{|q| \cdot B}$$

Resposta: E

5)



1) Da figura, temos:

$$\cos \theta = \frac{V_x}{V}$$

$$V_x = V \cos \theta \quad (\text{I})$$

2) Mas, no movimento circular e uniforme, temos:

$$V = \omega R$$

$$V = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \cdot R$$

$$V = \frac{\theta}{t} \cdot R$$

$$\theta = \frac{V \cdot t}{R} \quad (\text{II})$$

3) Substituindo II em I, vem:

$$V_x = V \cos \left( \frac{Vt}{R} \right)$$

Resposta: C