

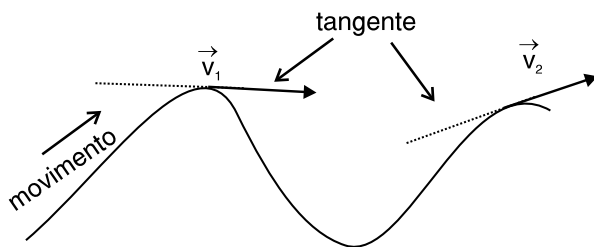


AULA 1

CINEMÁTICA VETORIAL

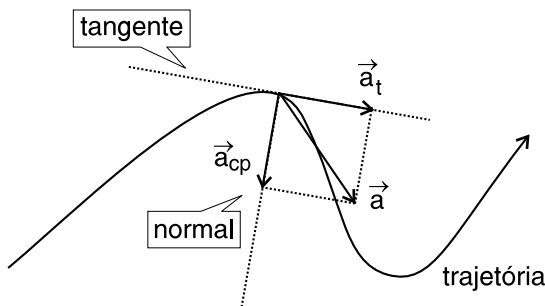
Roteiro de estudo

1. Velocidade vetorial instantânea



- I. Módulo: $|\vec{v}| = |v|$.
- II. Direção: tangente à trajetória.
- III. Sentido: o mesmo do movimento.

2. Aceleração vetorial instantânea: \vec{a}

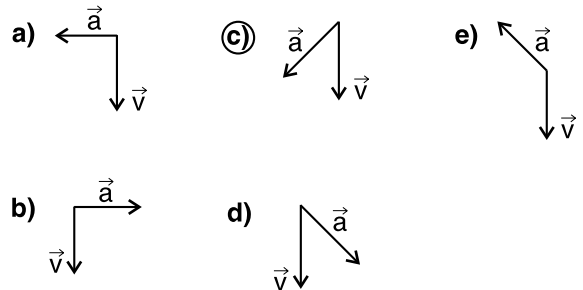
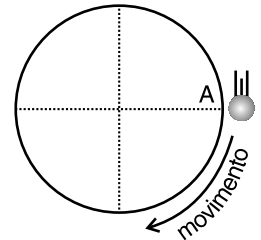


$$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_{cp} \quad a^2 = a_t^2 + a_{cp}^2$$

Componentes da aceleração (\vec{a})	Aceleração tangencial (\vec{a}_t)	Aceleração centrípeta (\vec{a}_{cp})
Direção	Tangente à trajetória	Perpendicular à trajetória
Sentido	Movimento acelerado: o mesmo de \vec{v} Movimento retardado: oposto ao de \vec{v}	Dirigido para o centro da trajetória
Módulo	$ \vec{a}_t = \gamma $	$ \vec{a}_{cp} = \frac{v^2}{R}$

Exercícios propostos

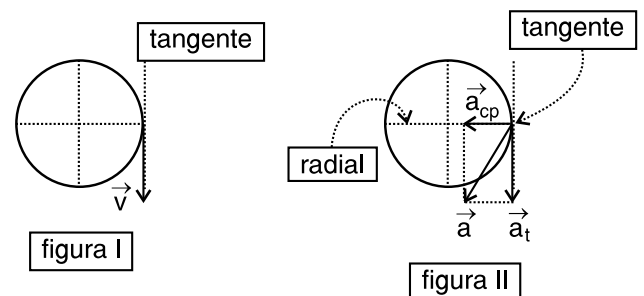
1 O movimento circular uniformemente acelerado de uma partícula ao passar pelo ponto **A** de uma trajetória está representado na figura ao lado. Das figuras abaixo, a que representa corretamente a velocidade vetorial e a aceleração vetorial da partícula, no instante considerado, é:



\vec{v} é tangente à trajetória e indica o sentido do movimento conforme a figura I.

$\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_{cp} \rightarrow$ a aceleração tangencial é no mesmo sentido da velocidade vetorial \Rightarrow movimento acelerado.

A aceleração centrípeta ocorre na direção normal à trajetória e com sentido para o centro da curva, conforme a figura II.

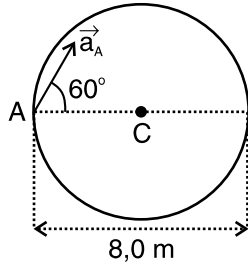


2 O movimento de uma partícula é caracterizado por ter velocidade vetorial e aceleração vetorial não nulas e com a mesma direção. Nessas condições, podemos afirmar que esse movimento é:

- a) uniforme.
- b) uniformemente variado.
- c) circular uniforme.
- d) circular variado.
- e) retilíneo variado.

Quando os vetores velocidade e aceleração, supostamente não nulos, têm a mesma direção, podemos concluir que a aceleração vetorial tem componente tangencial não nula (altera o módulo da velocidade) e componente centrípeta nula e, portanto, a trajetória é retilínea.

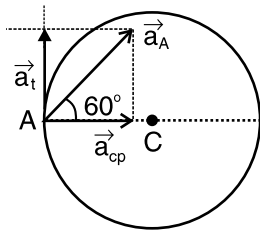
3 Uma partícula A move-se em uma circunferência, no plano da figura, de tal maneira que o módulo de sua velocidade vetorial diminui no decorrer do tempo. Em um dado instante, indicado na figura, a partícula possui aceleração vetorial de módulo igual a 32 m/s^2 e velocidade \vec{v}_A .



O módulo da velocidade vetorial \vec{v}_A , o sentido do movimento e o módulo da aceleração escalar são respectivamente iguais a:

- a) 32 m/s , sentido horário, $16,0 \sqrt{2} \text{ m/s}^2$.
- b) 16 m/s , sentido horário, $32,0 \sqrt{3} \text{ m/s}^2$.
- c) $8,0 \text{ m/s}$, sentido horário, $16,0 \sqrt{3} \text{ m/s}^2$.
- d) 16 m/s , sentido anti-horário, $18,0 \sqrt{2} \text{ m/s}^2$.
- e) $8,0 \text{ m/s}$, sentido anti-horário, $15,0 \sqrt{5} \text{ m/s}^2$.

1) Decompor a aceleração vetorial nas direções radial e tangente à trajetória.



$$\sin 60^\circ = \frac{a_t}{a} \rightarrow \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{a_t}{32} \rightarrow a_t = 16,0 \sqrt{3} \text{ m/s}^2$$

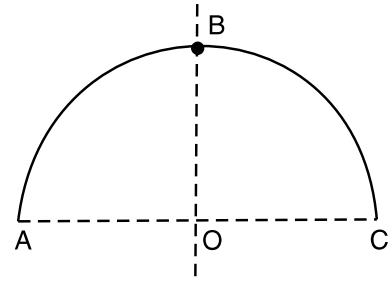
$$\cos 60^\circ = \frac{a_{cp}}{a} \rightarrow \frac{1}{2} = \frac{a_{cp}}{32} \rightarrow a_{cp} = 16,0 \text{ m/s}^2$$

2) De $a_{cp} = \frac{v^2}{R} \rightarrow 16,0 = \frac{v^2}{4} \rightarrow v = 8,0 \text{ m/s}$

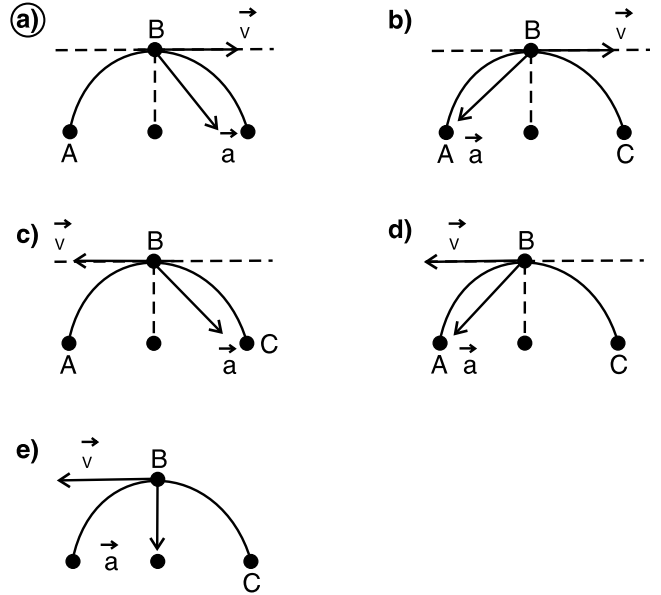
O enunciado que se segue refere-se aos testes 4 e 5:

Uma partícula descreve uma trajetória circular de raio $R = 1,0 \text{ m}$ e centro O. A velocidade escalar é dada pela função: $v = -5,0 + 3,0 t$ em unidades do SI e com a orientação positiva da trajetória no sentido horário.

Sabe-se que, no instante $t = 1,0 \text{ s}$, a partícula passa pelo ponto B, conforme figura a seguir.



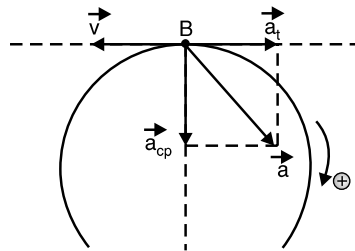
4 Das figuras que se seguem, qual a que pode representar os vetores velocidade vetorial e aceleração vetorial no instante $t = 1,0 \text{ s}$.



$$t = 1,0 \text{ s} \rightarrow v = -2,0 \text{ m/s}$$

$$\gamma = 3,0 \text{ m/s}^2 \text{ (constante)}$$

Como $v < 0$ e $\gamma > 0$, o movimento é retardado.



5 As intensidades da velocidade vetorial e da aceleração vetorial, no instante $t = 1,0$ s, em unidades do Sistema Internacional, são respectivamente iguais a

- a) 1,0. b) 2,0. c) 3,0. d) 4,0. **e) 5,0.**

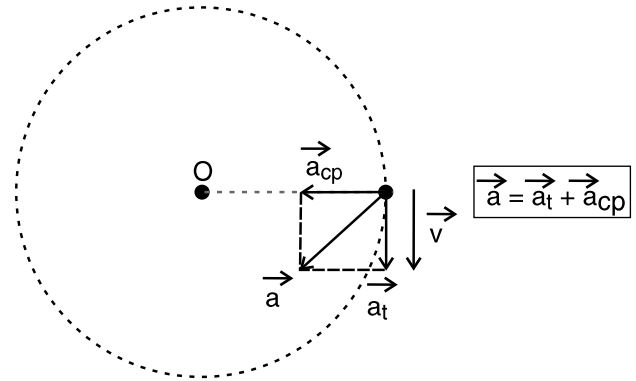
$$1) |\vec{v}| = |v| = 2,0 \text{ m/s}$$

$$2) |\vec{a}| = |a| = 3,0 \text{ m/s}^2$$

$$|\vec{a}_{cp}| = \frac{v^2}{R} = \frac{4,0}{1,0} (\text{m/s}^2) = 4,0 \text{ m/s}^2$$

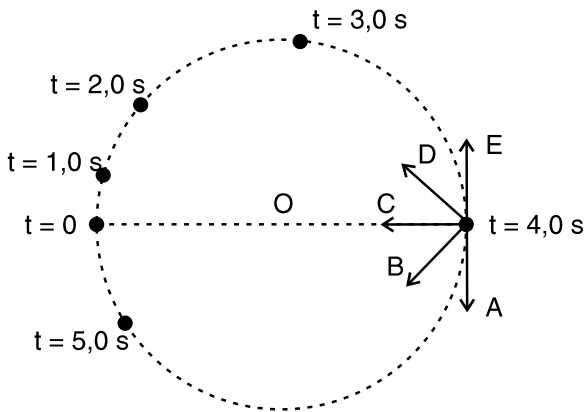
$$|\vec{a}|^2 = |\vec{a}_t|^2 + |\vec{a}_{cp}|^2$$

$$|\vec{a}| = 5,0 \text{ m/s}^2$$



Exercícios complementares

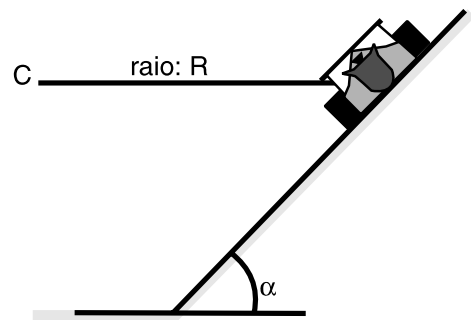
1 (Olimpíada Colombiana de Física) Uma partícula se move ao longo de uma circunferência e os pontos indicados mostram sua posição nos primeiros 5,0 s de movimento.



Quando a partícula passa pela posição correspondente ao instante $t = 4,0$ s, o vetor que melhor representa a orientação de sua aceleração vetorial é

- a) A. **b) B.** c) C. d) D. e) E.

2 (Unesp 2010 – Modelo Enem) Curvas com ligeiras inclinações em circuitos automobilísticos são indicadas para aumentar a segurança do carro a altas velocidades, como, por exemplo, no Talladega Superspeedway, um circuito utilizado para corridas promovidas pela Nascar (National Association for Stock Car Auto Racing). Considere um carro como sendo um ponto material percorrendo uma pista circular, de centro C, inclinada de um ângulo α e com raio R, constantes, como mostra a figura, que apresenta a frente do carro em um dos trechos da pista.



Se a velocidade do carro tem módulo constante, é correto afirmar que o carro

- a) não possui aceleração vetorial.
 b) possui aceleração com módulo variável, direção radial e no sentido para o ponto C.
 c) possui aceleração com módulo variável e tangente à trajetória circular.
d) possui aceleração com módulo constante, direção radial e no sentido para o ponto C.
 e) possui aceleração com módulo constante e tangente à trajetória circular.

Se o módulo da velocidade do carro é constante, o seu movimento é circular e uniforme e sua aceleração vetorial só tem componente centrípeta, cujo módulo é constante, sua direção é normal à trajetória (radial) e o sentido é dirigido para o centro C da sua trajetória.

3 (FEI SP – 2009) Um automóvel inicia uma curva circular com raio de 75,0 m com velocidade escalar $V_0 = 5,0$ m/s, aumentando a sua velocidade escalar a uma taxa constante. Após 2,5 s sua velocidade escalar é 15,0 m/s. Qual o módulo da aceleração vetorial do automóvel nesse momento?

- a) 2,0 m/s³
- b) 2,5 m/s²
- c) 3,0 m/s²
- d) 4,0 m/s²
- e) 5,0 m/s²**

Cálculo do módulo da componente tangencial da aceleração:

$$\gamma = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15,0 - 5,0}{2,5} = 4,0 \text{ m/s}^2$$

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} = \frac{(15,0)^2}{75,0} = \frac{3,0 \text{ m}}{\text{s}^2}$$

$$a^2 = a_t^2 + a_{cp}^2 \rightarrow a^2 = 4^2 + 3^2 \rightarrow a = 5,0 \text{ m/s}^2$$

4 Uma partícula descreve uma trajetória circular de raio $R=12$ m com equação horária dos espaços dada por: $s = 15 - 6,0t - 3,0t^2$ (S.I.). No instante $t_0 = 0$ a aceleração centrípeta e a aceleração tangencial da partícula têm intensidades, em m/s², respectivamente iguais a

- a) zero e 1,0.
- b) 1,0 e 2,0.
- c) 2,0 e 4,0.
- d) 3,0 e 6,0.**
- e) 4,0 e 8,0.

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} = \frac{6^2}{12} = 3,0 \text{ m/s}^2$$

$$a_t = |v| = 6,0 \text{ m/s}^2$$

Exercícios-Tarefa

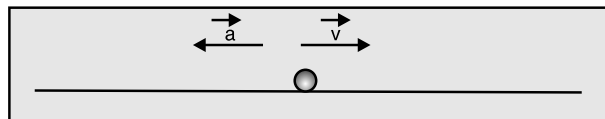
1 (UFRN-2010 – modificado) Considere que um carro se desloca em linha reta com velocidade constante e, em dado instante, o motorista aciona os freios e o carro se desloca por uma distância, d , até parar.

Ao longo do percurso em que o carro se move com os freios acionados, os vetores velocidade e aceleração apresentam, respectivamente,

- a) a mesma direção e sentidos opostos.
- b) a mesma direção e o mesmo sentido.
- c) direções opostas e sentidos opostos.
- d) direções opostas e o mesmo sentido.
- e) direções perpendiculares e sentidos sul e leste.**

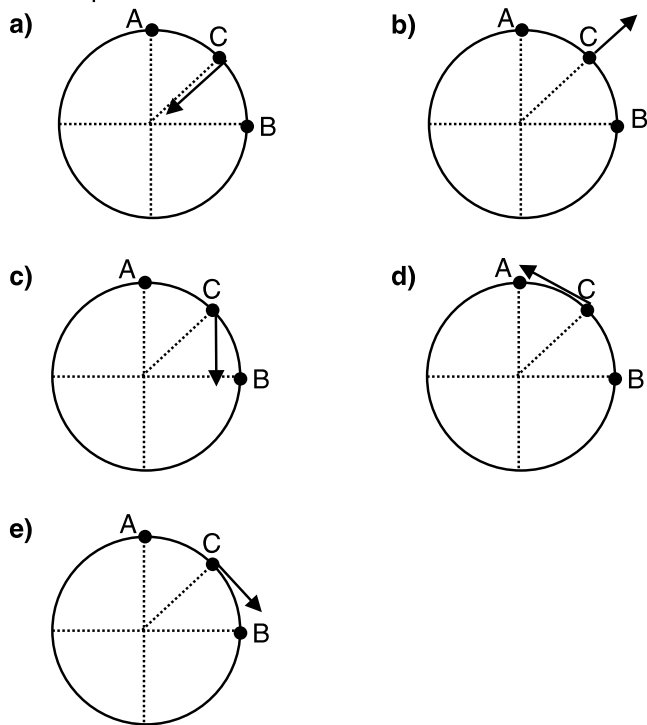
Resolução:

Sendo o movimento retilíneo e retardado, os vetores velocidade e aceleração (tangencial) têm a mesma direção (da reta trajetória) e sentidos opostos.



Resposta: A

2 Um corpo desenvolve movimento circular em um plano horizontal. No trecho de movimento de A para B o módulo da velocidade é crescente (movimento acelerado). Então, a opção em que o vetor aceleração em C está mais bem representado é:

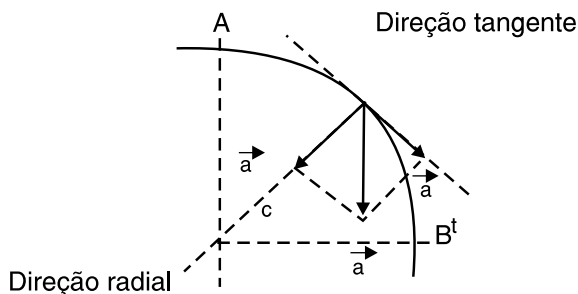


Resolução:

1º: O módulo da velocidade vetorial crescente indica que o movimento é acelerado, portanto a aceleração tangencial tem o mesmo sentido da velocidade vetorial.

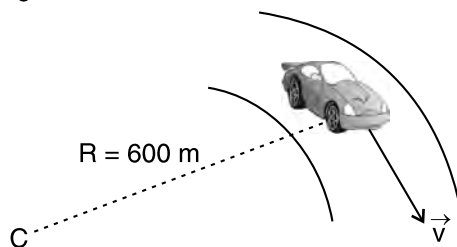
2º: O vetor velocidade é tangente à trajetória, ponto a ponto, a trajetória é circular e a aceleração vetorial tem componente centrípeta.

3º: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_c$ representada na figura que se segue pela regra do paralelogramo.



Resposta: C

3 Um carro descreve uma curva de raio 600 m, conforme figura que se segue, com aceleração escalar constante e igual a 2,0 m/s².



A intensidade da aceleração vetorial do carro no instante em que sua velocidade escalar é 30 m/s é de

- a) 2,0 m/s².
- b) 2,5 m/s².
- c) 3,0 m/s².
- d) 3,5 m/s².
- e) 4,0 m/s².

Resolução:

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} = \frac{30^2}{600} = 1,5 \text{ m/s}^2$$

$$a_t = |\gamma| = 2,0 \text{ m/s}^2$$

$$a^2 = a_t^2 + a_{cp}^2 \rightarrow a = 2,5 \text{ m/s}^2$$

Resposta: B

4 (UESPI – 2010) Sobre uma partícula em movimento ao longo de uma circunferência, é correto afirmar que

- a) a sua aceleração tem direção radial e sentido para dentro, isto é, apontando da posição da partícula para o centro da circunferência.
- b) a sua aceleração tem direção radial e sentido para fora, isto é, apontando do centro da circunferência para a posição da partícula.
- c) a sua aceleração é nula.
- d) a sua velocidade tem direção tangente à trajetória circular.
- e) a sua velocidade pode possuir uma componente na direção radial.

Resolução:

- a) (F) Somente será verdade se o movimento for uniforme para que a aceleração vetorial seja centrípeta.
- b) (F) A aceleração vetorial nunca será centrífuga.
- c) (F) A aceleração vetorial somente será nula quando o movimento for retilíneo e uniforme.
- d) (V) A velocidade vetorial é sempre tangente à trajetória e tem o mesmo sentido do movimento.
- e) (F)

Resposta: D

AULA 2

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME (I)

Roteiro de estudo

1. Movimento circular uniforme – relações fundamentais

N: número de voltas **Δt:** intervalo de tempo

$$\text{Frequência: } f = \frac{N}{\Delta t} \rightarrow f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{N} \rightarrow T = \frac{1}{f}$$

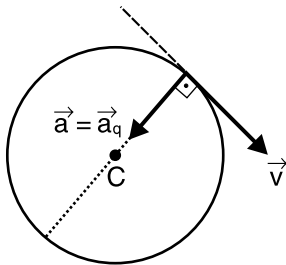
Velocidade angular:

$$\omega = \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f = \frac{v}{R}$$

Velocidade escalar linear:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \cdot f = \omega \cdot R$$

2. Movimento circular uniforme – aspecto vetorial



$$|\vec{v}| = |v| = \omega \cdot R$$

$$|\vec{a}| = \frac{v^2}{R} = \omega^2 \cdot R$$

Exercícios propostos

1 Uma roda gigante tem velocidade angular constante e descreve uma volta em 60 s. Uma pessoa sentada em um dos bancos da roda gigante dista 10 m do seu centro. A intensidade da velocidade linear da pessoa, em m/s, vale (Adote $\pi=3$)

- a) 0,50. **b) 1,0.** c) 1,5. d) 2,0. e) 2,5.

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 10}{60} = 1,0 \text{ m/s}$$

2 A roda de uma máquina gira em movimento uniforme executando 60 rotações por segundo. A velocidade escalar angular (ω) da roda, em rad/s, vale

- a) $1,2 \cdot 10^2 \pi$. d) 50π .
 b) $1,0 \cdot 10^2 \pi$. e) 40π .
 c) 60π .

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 2 \cdot \pi \cdot 60 \Rightarrow \omega = 1,2 \cdot 10^2 \pi \text{ rad/s}$$

3 (PUC – Rio 2009) Um satélite geostacionário encontra-se sempre posicionado sobre o mesmo ponto em relação à Terra.



Sabendo-se que o raio da órbita deste satélite é de $36 \cdot 10^3$ km e considerando-se $\pi=3$, podemos dizer que sua velocidade é

- a) 0,5 km/s.
 b) 1,5 km/s.
c) 2,5 km/s.
 d) 3,5 km/s.
 e) 4,5 km/s.

$$v_{\text{satélite}} = \frac{T_{\text{Rotação da Terra}} = 24\text{h}}{T} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{24 \cdot 3600} = \frac{1 \cdot 10^3}{4 \cdot 100} = 2,5 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

4 (Enem – 2009) O Brasil pode se transformar no primeiro país das Américas a entrar no seleto grupo das nações que dispõem de trens bala. O Ministério dos Transportes prevê o lançamento do edital de licitação internacional para a construção da ferrovia de alta velocidade Rio – São Paulo. A viagem ligará os 403,2 quilômetros entre a Central do Brasil, no Rio, e a Estação da Luz, no centro da capital paulista, em uma hora e 24 minutos.

Disponível em <http://oglobo.globo.com>
 Acesso em: 14 jul 2009.

Devido à alta velocidade, um dos problemas a ser enfrentado na escolha do trajeto que será percorrido pelo trem é o dimensionamento das curvas. Considerando-se que uma aceleração lateral confortável para os passageiros e segura para o trem seja de 0,1 g, em que g é o módulo da

aceleração da gravidade (considerado igual a 10 m/s^2), e que a velocidade escalar do trem se mantenha constante em todo o percurso, seria correto prever que as curvas existentes no trajeto deveriam ter raio de curvatura mínimo de

- a) 80 m.
- b) 430 m.
- c) 800 m.
- d) 1.600 m.
- e) 6.400 m.

1) A velocidade terá módulo v dado por:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

$$\Delta s = 403,2 \text{ km}$$

$$\Delta t = 1 \text{ h} + 24 \text{ min} = 1 \text{ h} + \frac{24}{60} \text{ h} = 1,4 \text{ h}$$

$$v = \frac{403,2}{1,4} \text{ km} = 288 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

$$v = \frac{288}{3,6} \text{ m/s} = 80 \text{ m/s}$$

2) Na curva, o trem terá uma aceleração centrípeta de:

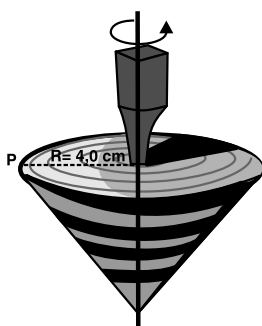
$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} \rightarrow 0,1g = \frac{v^2}{R}$$

$$0,1 \cdot 10 = \frac{(80)^2}{R}$$

$$\text{Da qual: } R = 6400 \text{ m}$$

Exercícios complementares

1 Em uma festa junina, Zezinho joga com um pião que passa a rodopiar em rotação uniforme, executando duas voltas completas a cada segundo.



A velocidade escalar linear (v), em cm/s , de um ponto **P** que dista $4,0 \text{ cm}$ do eixo de rotação do pião, conforme a figura, é igual a

(Adote $\pi = 3,0$)

- a) 6,0.
- b) 12,0.
- c) 18,0.
- d) 24,0.
- e) 48,0.

$$V = 2\pi \cdot R \cdot f = 2 \cdot 3,0 \cdot 4,0 \cdot 2,0 = 48,0 \text{ cm/s}$$

2 Um disco gira com velocidade escalar constante, executando 35 voltas em um intervalo de tempo de $7,0 \text{ s}$. O período do movimento em segundos e a frequência de rotação em hertz são, respectivamente, iguais a

- a) 0,10 e 1,0.
- b) 0,10 e 2,0.
- c) 0,20 e 3,0.
- d) 0,20 e 4,0.
- e) 0,20 e 5,0.

$$1.^{\circ}) T = \frac{\Delta t}{n} \rightarrow T = \frac{7,0}{35} \rightarrow T = 0,20 \text{ s}$$

$$2.^{\circ}) f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,20} \rightarrow f = 5,0 \text{ Hz}$$

3 Uma partícula em movimento uniforme descreve uma trajetória circular de raio $R = 3,0 \text{ m}$, com velocidade angular constante $\omega = 4,0 \pi \text{ rad/s}$. O período, em segundos, e o módulo da velocidade escalar linear, em m/s , valem:

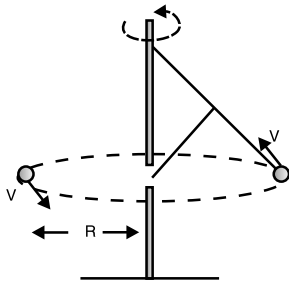
- a) 0,50 e 12π
- b) 0,60 e 12π
- c) 0,70 e 14π
- d) 0,80 e 16π
- e) 0,90 e 18π

$$1.^{\circ}) \omega = \frac{2\pi}{T} \rightarrow 4\pi = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = 0,50 \text{ s}$$

$$2.^{\circ}) V = \omega R = 4 \pi 3,0 \text{ m/s} = 12 \pi \text{ m/s}$$

4 (UEPA – 2011 – Enem) O nascimento da automação industrial se deu em 1788 com o dispositivo mostrado na figura abaixo, conhecido como regulador de Watt, em homenagem ao seu inventor.

Esse dispositivo era usado nas máquinas a vapor para regular automaticamente a abertura de válvulas e, assim, controlar o fluxo de vapor em função da velocidade de rotação da máquina.



Se, na situação mostrada, as massas se movem em um plano horizontal, com velocidade linear constante em módulo, executando 120 rpm, então

- a) ambas têm a mesma frequência de 0,5 Hz.
- b) ambas possuem velocidades angulares diferentes.
- c) o módulo da velocidade linear v não depende do raio da trajetória R .
- d) suas acelerações não são nulas.**
- e) executam uma volta completa em 2,0 s.

a) (F) $f = 120 \text{ rpm} = \frac{120}{60} \text{ Hz} = 2,0 \text{ Hz}$

b) (F) $\omega = 2 \pi f$ para os dois corpos

c) (F) $V = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2 \pi R}{T} = 2 \pi f R$

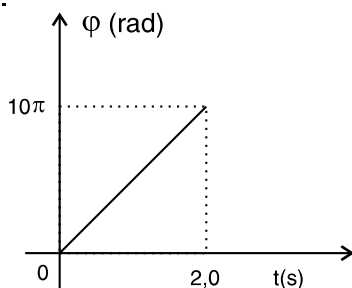
d) (V) As acelerações serão centrípetas:

$$a_{\varphi} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

e) (F) $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2,0} \text{ s} = 0,5 \text{ s}$

Exercícios-Tarefa

1 Uma partícula está em movimento circular e uniforme. O gráfico a seguir mostra a variação do ângulo horário com o tempo.



O período e a frequência do movimento da partícula valem

- a) 0,20 s e 5,0 Hz.
- b) 0,40 s e 2,5 Hz.
- c) 0,60 s e 1,2 Hz.
- d) 0,80 s e 1,5 Hz.
- e) 1,0 s e 1,0 Hz.

Resolução:

$$w = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{10\pi}{2,0} \Rightarrow \omega = 5,0 \pi \text{ rad/s}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{5,0\pi} = 0,40 \text{ s}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,40} = 2,5 \text{ Hz}$$

Resposta: B

2 Considere a órbita da terra em torno do Sol como circular e de raio $R=1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$. Adotando $\pi = 3,1$ e considerando que o ano terrestre vale $3,1 \cdot 10^7 \text{ s}$, pode-se afirmar que o módulo da velocidade de translação da Terra é, em m/s, igual a

- a) $3,0 \cdot 10^4$.
- b) $4,0 \cdot 10^4$.
- c) $5,0 \cdot 10^4$.
- d) $6,0 \cdot 10^4$.
- e) $7,0 \cdot 10^4$.

Resolução:

$$v = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} = \frac{2 \cdot 3,1 \cdot 1,5 \cdot 10^{11}}{3,1 \cdot 10^7} = 3,0 \cdot 10^4 \text{ m/s}$$

Resposta: A

3 Um ponto material descreve uma trajetória circular, de raio 10 m, em movimento uniforme, completando uma volta em 2,0 s. A velocidade escalar angular ω , em rad/s, vale

- a) $0,10 \pi$.
- b) $0,20 \pi$.
- c) $0,50 \pi$.
- d) $1,0 \pi$.
- e) $2,0 \pi$.

Resolução:

$$w = \frac{2 \cdot \pi}{T} = \frac{2 \cdot \pi}{2} = 1,0 \pi \text{ rad/s}$$

Resposta: D

4 (Vunesp – UEA – 2010) Uma máquina de lavar roupa está funcionando na etapa de centrifugação. Instantes após o início dessa etapa, uma pequena peça de roupa, encostada na parede lateral do tambor da máquina, gira sem escorregar, com velocidade angular ω e aceleração centrípeta com módulo igual a 400 m/s^2 . Quando o tambor atinge a velocidade máxima de rotação, a peça de roupa tem velocidade angular duplicada e a aceleração centrípeta passa a ter módulo, em m/s^2 , igual a

- a) 800.
- b) 1000.
- c) 1200.
- d) 1400.
- e) 1600.

Resolução:

$$a_{cp} = \omega^2 \cdot R$$

Como R é constante, a_{cp} é proporcional ao quadrado de ω .

Quando ω duplica, então a_{cp} fica multiplicada por 4.

$$a'_{cp} = 4 a_{cp} = 4 \cdot 400 \text{ m/s}^2 = 1600 \text{ m/s}^2.$$

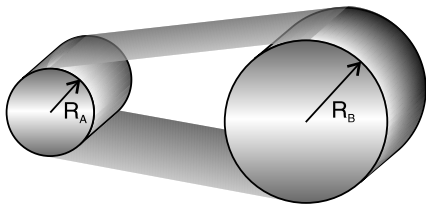
Resposta: E

AULA 3

MOVIMENTO CIRCULAR UNIFORME (II)

Exercícios propostos

1 Dois cilindros, A e B, interligados por uma correia, têm raios respectivamente iguais a 5,0 cm e 15,0 cm. O cilindro A efetua 4,0 voltas em um segundo, em rotação uniforme.



Adotando $\pi = 3$, assinale a alternativa correta:

a) o módulo da velocidade escalar linear da correia é igual a 12,0 m/s.

b) os cilindros giram com a mesma frequência.

c) os módulos das velocidades angulares dos cilindros são iguais.

d) os módulos das acelerações centrípetas dos pontos na periferia dos cilindros são iguais.

e) a frequência do cilindro B é igual a $\frac{4}{3}$ Hz.

a) falsa

$$v = 2\pi \cdot f_A \cdot R_A = 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 = 120 \text{ cm/s} = 1,2 \text{ m/s}$$

b) falsa

c) falsa

$$v_A = v_B \Rightarrow \omega_A \cdot R_A = \omega_B \cdot R_B \rightarrow \omega_A \cdot 5 = \omega_B \cdot 15 \rightarrow \omega_A = 3 \cdot \omega_B$$

$$\text{logo, } f_A = 3 \cdot f_B$$

d) falsa

$$A: a_{cp} = \omega^2 \cdot R = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot R = (2 \cdot \pi \cdot 4,0)^2 \cdot 0,05 \rightarrow a_{cp} = 3,2 \cdot \pi^2 \text{ m/s}^2$$

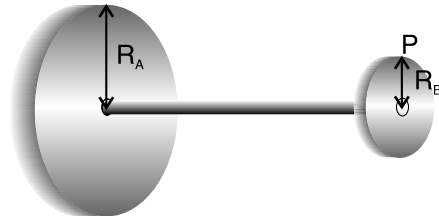
$$B: a_{cp} = \omega^2 \cdot R = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot R = (2 \cdot \pi \cdot \frac{4}{3})^2 \cdot 0,15 \rightarrow a_{cp} = 1,06 \cdot \pi^2 \text{ m/s}^2$$

e) verdadeira

$$v_A = v_B \Rightarrow 2\pi \cdot f_A \cdot R_A = 2\pi \cdot f_B \cdot R_B \Rightarrow 4,0 \cdot 5,0 = f_B \cdot 15,0 \Rightarrow f_B = \frac{4}{3} \text{ Hz}$$

2 Um dispositivo mecânico apresenta duas polias, A e B, rigidamente unidas por um eixo, em movimento de rotação uniforme.

A polia A, com 8,0 m de raio, gira com frequência de 50 Hz. (Dado: $\pi \approx 3$)



A frequência em Hz e a velocidade linear em m/s de um ponto P na periferia da polia B, cujo raio é de 2,0 m, são de:

a) 50 e $2,4 \cdot 10^3$

d) 25 e $3,0 \cdot 10^2$

b) 50 e $6,0 \cdot 10^2$

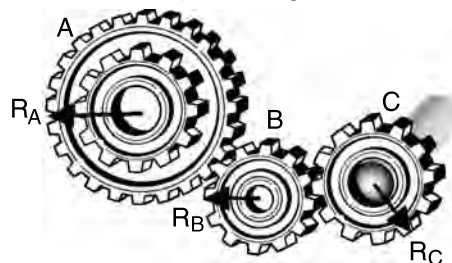
e) 25 e $1,5 \cdot 10^2$

c) 25 e $1,2 \cdot 10^3$

$$\omega_A = \omega_B \Rightarrow 2 \cdot \pi \cdot f_A = 2 \cdot \pi \cdot f_B \Rightarrow f_A = f_B = 50 \text{ Hz}$$

$$v_P = 2 \cdot \pi \cdot f_B \cdot R_B = 2 \cdot 3 \cdot 50 \cdot 2,0 = 6,0 \cdot 10^2 \text{ m/s}$$

O enunciado que se segue refere-se aos testes 3 e 4.



As engrenagens de uma máquina movem-se em rotação uniforme, transmitindo movimento entre si, sem que haja escorregamento. A engrenagem C está rigidamente ligada ao eixo de um motor que tem frequência de 6000 r.p.m., girando no sentido horário. As medidas dos raios das engrenagens indicados na figura são: $R_A = 8,0$ cm, $R_B = 4,0$ cm e $R_C = 6,0$ cm. Adote $\pi = 3,0$.

3 O módulo da velocidade vetorial de um ponto situado na periferia da polia **C**, em m/s, vale

- a) 18,0.
- b) 36,0.
- c) $1,8 \cdot 10^2$.
- d) $3,6 \cdot 10^2$.
- e) $1,8 \cdot 10^5$.

A frequência com que gira o eixo do motor é a mesma de giro da engrenagem **C**, que, em hertz, vale:

$$f = \frac{6000}{60} = 1,0 \cdot 10^2 \text{ Hz}$$

$$v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot f \rightarrow v = 2 \cdot 3,0 \cdot 6,0 \cdot 10^{-2} \cdot 1,0 \cdot 10^2 \rightarrow v = 36,0 \text{ m/s}$$

4 A frequência de rotação da polia **A** e seu sentido de movimento são

- a) 30,0 Hz no sentido anti-horário.
- b) 37,5 Hz no sentido horário.
- c) 37,5 Hz no sentido anti-horário.
- d) 75,0 Hz no sentido horário.
- e) 75,0 Hz no sentido anti-horário.

Os módulos das velocidades vetoriais dos pontos situados na periferia das engrenagens **A**, **B** e **C** são iguais, lembrando que:

$$|\vec{v}| = |v| \rightarrow v_A = v_B = v_C \rightarrow 2 \cdot \pi \cdot R_A \cdot f_A = 2 \cdot \pi \cdot R_C \cdot f_C \rightarrow$$

$$\rightarrow R_A \cdot f_A = R_C \cdot f_C \rightarrow 8,0 \cdot f_A = 6,0 \cdot 1,0 \cdot 10^2 \rightarrow f_A = 75,0 \text{ Hz}$$

Exercícios complementares

1 (Fuvest – Transferência 2010 – Enem) Em um carro, as polias que acionam os sistemas de refrigeração e geração de energia elétrica estão interligadas à polia do motor por uma correia que se move sem escorregar sobre elas. As polias do motor, da bomba d'água e do gerador têm, respectivamente, diâmetros iguais a 10 cm, 16 cm e 6 cm. Quando a polia do motor está girando a 2400 rpm (rotações por minuto), as frequências das polias da bomba e do gerador são, em rpm, respectivamente

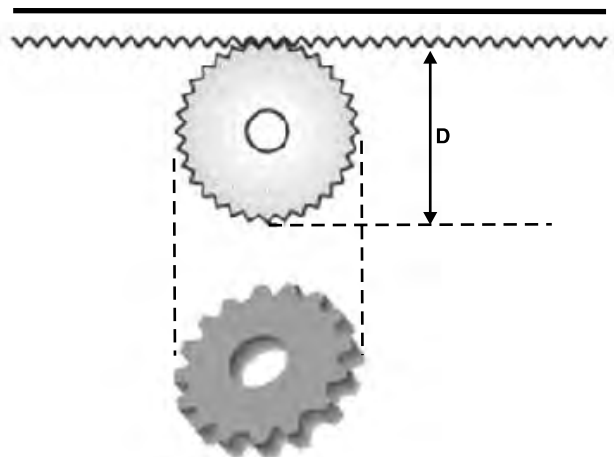
- a) 750 e 8000.
- b) 1500 e 4000.
- c) 1500 e 4800.
- d) 2400 e 4000.
- e) 4800 e 2400.

$$\frac{f_B}{f_M} = \frac{R_M}{R_B} \rightarrow \frac{f_B}{2400} = \frac{10}{16} \rightarrow f_B = 1500 \text{ rpm}$$

$$\frac{f_G}{f_M} = \frac{R_M}{R_G} \rightarrow \frac{f_G}{2400} = \frac{10}{6} \rightarrow f_G = 4000 \text{ rpm}$$

A frequência de rotação é inversamente proporcional ao raio da polia.

2 (UFPA 2010 – Modelo Enem) Os portões automatizados deslizantes para garagens são, normalmente, providos de uma cremalheira ao longo de toda a sua extensão. A cremalheira consiste de um trilho ou barra dentada, de plástico rígido e resistente, cujo suporte é soldado ao portão. A movimentação de abertura ou fechamento do portão é feita por um motor elétrico de eixo com extremidade dentada e acoplada a cremalheira, conforme ilustrado na figura abaixo.



Considerando-se o caso em que o deslocamento do portão é 3,0 m, o diâmetro D do eixo do motor $8,0 \cdot 10^{-2}$ m e o portão gira com frequência constante de 50 rpm, podemos concluir que o tempo de abertura ou fechamento do portão é, em segundos,

- a) 10.
 - b) 15.
 - c) 22.
 - d) 25.
 - e) 32.
- Use, se necessário: $\pi = 3$

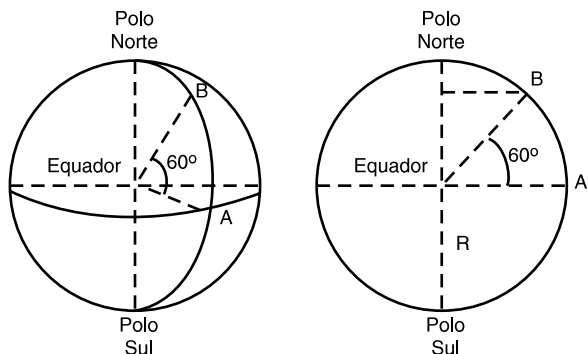
$$1) v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T} = \pi D f$$

$$v = 3 \cdot 8,0 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{50}{60} \text{ (m/s)} \rightarrow v = 0,20 \text{ m/s}$$

$$2) v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

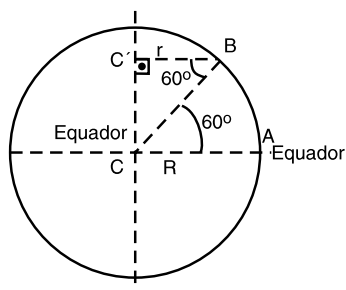
$$0,20 = \frac{3,0}{\Delta t} = \Delta t = \frac{3,0}{0,20} \text{ (s)} = \Delta t = 15 \text{ s}$$

3 (UFU-MG) As figuras abaixo representam dois pontos A e B sobre a superfície terrestre, em um mesmo meridiano. O ponto A está no Equador e o ponto B se encontra no hemisfério norte a uma latitude de 60° .



Sabendo-se que a Terra gira com velocidade angular ω e supondo-se que a Terra é de forma esférica com raio R , a alternativa que apresenta a relação entre as velocidades lineares desses dois pontos A e B é

- a) $\frac{v_A}{v_B} = 2$. b) $\frac{v_A}{v_B} = \frac{2\sqrt{3}}{3}$.
 c) $\frac{v_A}{v_B} = \frac{1}{2}$. d) $\frac{v_A}{v_B} = \sqrt{3}$.



$$1) \cos 60^\circ = \frac{r}{R}$$

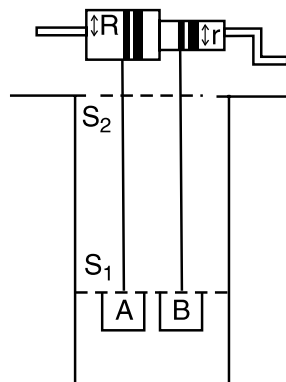
$$r = R \cos 60^\circ = \frac{R}{2}$$

$$2) v_A = \omega R$$

$$v_B = \omega r$$

$$\frac{v_A}{v_B} = \frac{R}{r} = 2$$

4 (Cefet – CE – Modelo Enem) A figura abaixo ilustra um sistema que contém dois cilindros concêntricos presos no seu eixo a uma manivela. Preso a cada um dos cilindros, há cordas enroladas, e, nas pontas das cordas, existem dois baldes, A e B, que estão sendo puxados do fundo de um poço.



Sabendo-se que $R > r$ e que a manivela é girada com velocidade angular constante, é **correta** a afirmativa:

- a) o balde A atingirá S_2 num tempo menor e com menor velocidade escalar que B.
 b) o balde A atingirá S_2 num tempo menor, porém com a mesma velocidade escalar de B.
 c) o balde B chegará a S_2 num tempo menor.
d) o balde A atingirá S_2 num tempo menor e com velocidade escalar maior que B.
 e) eles chegarão juntos a S_2 .

$$v_A = \omega R$$

$$v_B = \omega r$$

$R > r \leftrightarrow v_A > v_B$ e o balde A chegará antes à posição S_2 e com velocidade maior.

Exercícios-Tarefa

1 Uma partícula percorre uma trajetória circular, de raio $R = 5,0$ m, com velocidade escalar constante. Entre os instantes $t_1 = 1,0$ s e $t_2 = 4,0$ s, seu deslocamento escalar é $\Delta s = 45$ m. O módulo da aceleração centrípeta da partícula, em m/s^2 , é igual a

- a) 20. b) 25. c) 30. d) 35. e) 45.

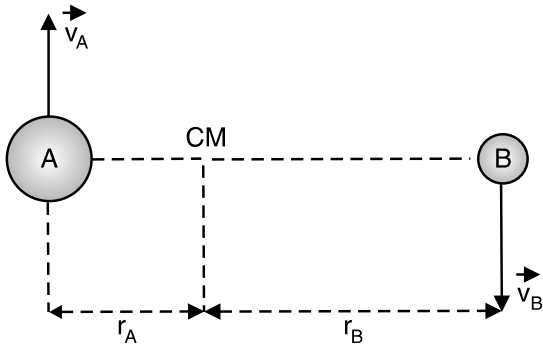
Resolução:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \rightarrow v = \frac{45}{4,0 - 1,0} = 15 \text{ m/s}$$

$$a_{cp} = \frac{v^2}{R} = \frac{15^2}{5,0} \rightarrow a_{cp} = 45 \text{ m/s}^2$$

Resposta: E

2 Em Astronomia, uma estrela dupla é formada por duas estrelas, A e B, que gravitam em movimentos circulares e uniformes em torno do centro da massa (CM) do sistema.



Sabe-se ainda que o raio da circunferência descrita é inversamente proporcional à massa da estrela e que os períodos de translação (tempo para dar uma volta completa) são iguais.

A massa da estrela A é o dobro da massa da estrela B. Com base no texto apresentado e em seus conhecimentos de Cinemática, você pode concluir que a razão entre os módulos das velocidades das estrelas B e A vale

- a) $\frac{1}{4}$.
- b) $\frac{1}{2}$.
- c) 1.
- d) 2.
- e) 4.

Resolução:

$$\omega_A = \omega_B$$

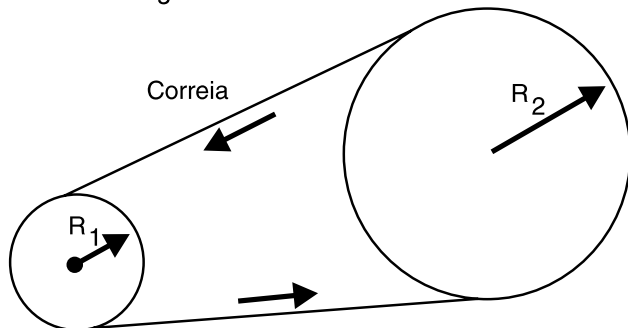
$$v_A = \omega_A R_A$$

$$v_B = \omega_B R_B$$

$$\frac{v_B}{v_A} = \frac{R_B}{R_A} = \frac{m_A}{m_B} = 2$$

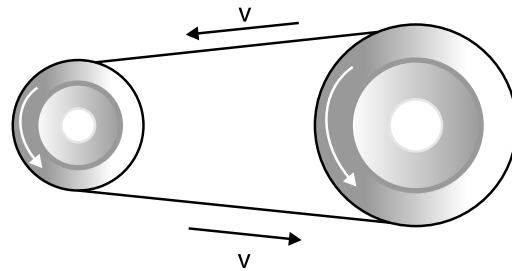
Resposta: D

3 (EsPC – 2010 – Modelo Enem) Uma máquina industrial é movida por um motor elétrico que utiliza um conjunto de duas polias, acopladas por uma correia, conforme a figura abaixo.



A polia de raio $R_1 = 15$ cm está acoplada ao eixo do motor e executa 3000 rotações por minuto. Não ocorre escorregamento no contato da correia com as polias. O número de rotações por minuto que a polia de raio $R_2 = 60$ cm executa é de

- a) 250.
- b) 500.
- c) 750.
- d) 1000.
- e) 1200.



Resolução:

Os pontos da periferia das polias devem ter a mesma velocidade escalar linear para que não haja escorregamento:

$$v_1 = v_2$$

$$2 \cdot \pi \cdot f_1 R_1 = 2 \cdot \pi \cdot f_2 R_2$$

$$\frac{f_2}{f_1} = \frac{R_1}{R_2}$$

Resposta: C



AULA 1

TRANSMISSÃO DE CALOR – RADIAÇÃO E APLICAÇÕES

Exercícios propostos

1 Efeito estufa: um alerta para o controle da poluição

Efeito estufa

A – A radiação solar atravessa a atmosfera. A maior parte da radiação é absorvida pela superfície terrestre e aquece-a.

B – Uma parte da radiação solar é refletida pela Terra e atmosfera, e volta ao espaço.

C – Parte da radiação infravermelha (calor) é refletida pela superfície da terra, mas não regressa ao espaço, pois é refletida de novo e absorvida pela camada de gases de estufa que envolve o planeta. O efeito é o aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera.

Alguns materiais têm o que se pode chamar de “transparência seletiva”, ou seja, são transparentes a radiações de certa frequência e opacos a outras. O gás carbônico (CO_2) tem tal propriedade: ele é transparente à luz visível e opaco ao infravermelho ou radiação térmica.

A quantidade de CO_2 misturada na atmosfera durante muito tempo foi a ideal para a manutenção do equilíbrio ecológico no planeta. Se fosse menor, a Terra irradiaria muito calor para o espaço, resfriando-se; por outro lado, se a quantidade de CO_2 fosse maior, a energia térmica se acumularia aquecendo o planeta. Nas últimas décadas, o ser humano tem aumentado apreciavelmente a concentração de CO_2 na atmosfera, principalmente pela queima de hidrocarbonetos (petróleo, gás natural etc.), além de provocar um sério desequilíbrio no meio ambiente, destruindo os organismos responsáveis pela reciclagem do gás carbônico (pergunte ao seu professor de Biologia que organismos são estes e qual a sua função no ecossistema terrestre).

Como resultado do aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, a temperatura média do planeta poderá aumentar de maneira alarmante, o que provocará danos terríveis à Terra. A tal fenômeno dá-se o nome de **efeito estufa**.

O efeito descrito no texto é semelhante

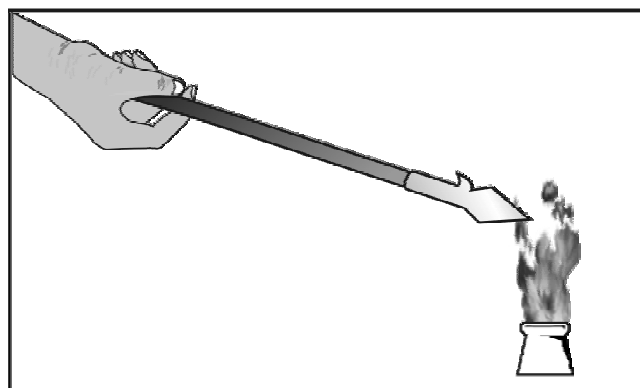
- a) ao aquecimento terapêutico de estruturas musculares inflamadas com lâmpadas que emitem radiação infravermelha.
- b) ao aquecimento do ar no interior de um carro com os vidros fechados sob o sol de verão.
- c) ao movimento das massas de ar no interior de uma geladeira.
- d) ao poder de absorção de calor dos corpos cobertos por tinta escura, quando expostos à radiação ultravioleta.
- e) à reflexão da radiação infravermelha nas roupas prateadas usadas pelos bombeiros.

2 (FAPIPAR – PR) Uma carteira escolar é construída com partes de ferro e partes de madeira. Quando você toca a parte de madeira com a mão direita e a parte de ferro com a mão esquerda, embora todo o conjunto esteja em equilíbrio térmico:

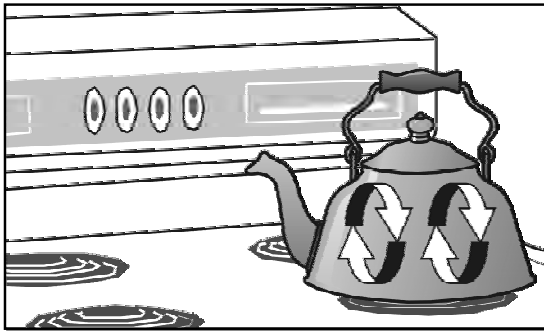
- a) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor.
- b) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção na madeira é mais notada que no ferro.
- c) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a convecção no ferro é mais notada que na madeira.
- d) a mão direita sente menos frio que a esquerda, porque o ferro conduz melhor o calor.
- e) a mão direita sente mais frio que a esquerda, porque a madeira conduz melhor o calor.

3 Observe, a seguir, algumas situações cotidianas relacionadas com a transmissão de calor:

- I. O calor se propaga da extremidade quente do espeto para a extremidade fria.



II. Correntes cíclicas aquecem a massa líquida.



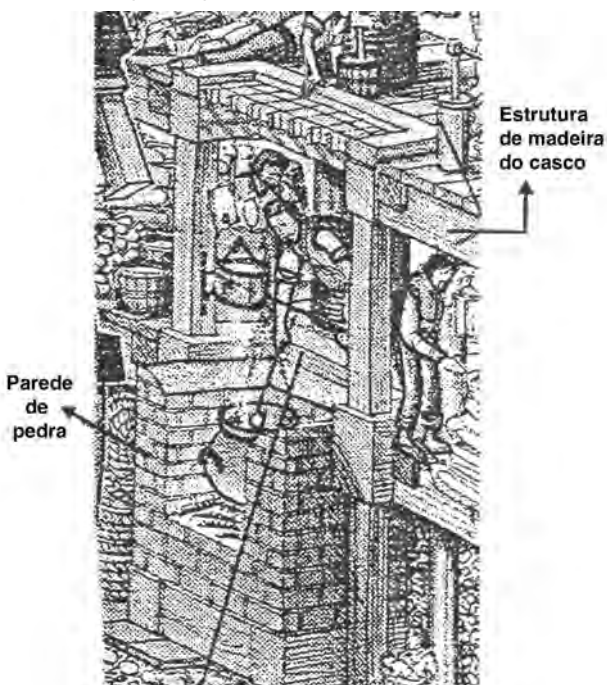
III. Ondas de infravermelho aquecem o corpo do gato.



Os fenômenos I, II e III são, respectivamente,

- a) condução, convecção e radiação.
- b) condução, convecção e convecção.
- c) radiação, convecção e convecção.
- d) condução, condução e radiação.
- e) condução, convecção e condução.

4 A figura a seguir representa a cozinha de uma das caravelas da frota de Cabral.



Cada marinheiro recebia, por dia, 500 g de biscoito (valor energético de 1500 kcal), 250 g de carne ou peixe (500 kcal), 1,0 l de água e 1,0 l de sidra ou cerveja (800 kcal) e consumia até 3500 kcal em suas atividades diárias.

Considere as afirmações a seguir:

- I. As pedras entre a brasa e o casco isolam termicamente o fogão para evitar incêndios.
- II. A ausência de chaminés dificulta a saída da fumaça e dos vapores quentes por condução.
- III. As ondas infravermelhas que aquecem a pele dos cozinheiros transferem o calor por radiação.
- IV. Os marinheiros tinham a tendência de ganhar peso durante as viagens.

Estão corretas as afirmações

- a) I, III e IV, apenas.
- b) I e III, apenas.
- c) III e IV, apenas.
- d) I, II, III e IV.
- e) I e II, apenas.

I) Verdadeira.

II) Falsa. A saída da fumaça e vapores ocorre por convecção.

III) Verdadeira.

IV) Falsa. A soma dos valores calóricos dos alimentos fornecidos aos marinheiros (1500 + 500 + 800 = 2800 kcal) é menor que o consumo diário de energia (3500 kcal). Portanto, os marinheiros tinham a tendência de perder peso.

5 Para diminuir o fluxo de calor através de uma placa metálica, podemos

- a) diminuir a espessura da placa.
- b) aumentar a diferença de temperatura entre suas faces.
- c) aumentar a superfície de suas faces.
- d) diminuir a área de suas faces.
- e) aumentar a condutibilidade térmica do metal com um banho químico.

6 Uma placa de ferro é atravessada por 6,0 kcal em 15 s. O fluxo de calor nessa placa é de:

- a) 200 cal/s
- b) 300 cal/s
- c) 400 cal/s
- d) 500 cal/s
- e) 600 cal/s

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} \Rightarrow \phi = \frac{6000}{15} \Rightarrow \phi = 400 \text{ cal/s}$$

7 Em relação à questão anterior, dobrando-se a espessura da placa, o fluxo de calor passa a ser de:

- a) 200 cal/s d) 50 cal/s
 b) 150 cal/s e) 30 cal/s
 c) 100 cal/s

$$\varnothing = \frac{CS\Delta\theta}{L} = 400 \text{ cal/s} \Rightarrow \varnothing' = \frac{CS\Delta\theta}{2L} = \frac{400}{2}$$

$$\varnothing' = 200 \text{ cal/s}$$

8 O uso de chaminés para escape de gases quentes, provenientes de combustão, é uma aplicação do(s) processo(s) térmico(s) de

- a) radiação, somente.
 b) condução, somente.
 c) convecção, somente.
 d) absorção e, posteriormente, radiação.
 e) condução e, posteriormente, radiação.

Exercícios complementares

1 Num dia quente, ao passear pelo Parque Ibirapuera, na cidade de São Paulo, você entra na estufa do Viveiro Manequinho, todo construído com placas de vidro, e percebe que o seu interior “parece um forno”. Esse fato ocorre porque:

- a) o vidro é transparente à luz solar e opaco ao calor.
 b) o vidro é transparente apenas às radiações infravermelhas.
 c) o vidro é transparente e deixa a luz entrar.
 d) o vidro não deixa a luz de dentro brilhar fora.
 e) o vidro é opaco aos raios luminosos.

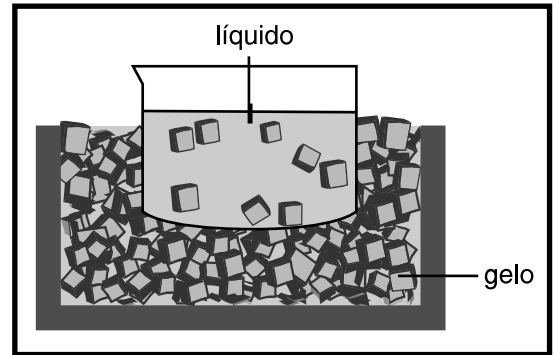
A energia radiante é a que vem do Sol, através dos raios luminosos – exemplo de transmissão de calor por radiação. Ser transparente a essa energia é ser percorrido por ela e ser opaco é não permitir que ela passe através de si. O vidro da estufa deixa entrar a energia radiante, mas impede a saída das ondas de calor (radiações infravermelhas).

2 Uma aluna da segunda série do Ensino Médio do Colégio Objetivo caminha em sua casa com os pés descalços e percebe que com os pés na cerâmica tem uma sensação diferente de quando está com os pés sobre tacos de madeira. Em determinado momento, coloca o pé direito sobre a cerâmica e o esquerdo sobre o taco de madeira. Embora todo o conjunto esteja em equilíbrio térmico:

- a) o pé esquerdo sente mais frio que o direito, porque a madeira conduz melhor o calor;
 b) o pé direito sente mais frio que o esquerdo, porque a convecção na madeira é mais notada que na cerâmica;
 c) o pé direito sente mais frio que o esquerdo, porque a convecção na cerâmica é mais notada que na madeira;
 d) o pé direito sente mais frio que o esquerdo, porque a cerâmica conduz melhor o calor;
 e) o pé esquerdo sente mais frio que o direito, porque a cerâmica conduz pior o calor.

A sensação de frio se dá pela perda rápida de calor. Como a cerâmica possui maior condutibilidade térmica que a madeira, o pé direito perde mais calor para a cerâmica do que o esquerdo para a madeira, no mesmo intervalo de tempo.

3 (UFES) Para resfriar um líquido, é comum colocar a vasilha que o contém dentro de um recipiente com gelo, conforme a figura. Para que o resfriamento seja mais rápido, é conveniente que a vasilha seja metálica, em vez de ser de vidro, porque o metal apresenta, em relação ao vidro, um maior valor de:



- a) condutividade térmica
 b) calor específico
 c) coeficiente de dilatação térmica
 d) energia interna
 e) calor latente de fusão

De acordo com a Lei de Fourier, quanto maior a condutividade térmica da substância, maior a quantidade de calor por ela transmitida num mesmo intervalo de tempo, em relação a uma outra substância de menor condutividade térmica.

4 Uma guarita de tijolos e uma porta de vidro de espessura 90 mm e 5,0 mm, respectivamente, têm suas faces sujeitas à mesma diferença de temperatura. Sendo as condutibilidades térmicas do tijolo e do vidro iguais a 0,12 e 1,00 unidades SI, respectivamente, então a razão entre o fluxo de calor conduzido por unidade de área pelo vidro e pelo tijolo é:

- a) 150 d) 600
 b) 300 e) 900
 c) 500

Para a resolução, basta fazer uso direto da Lei de Fourier:

$$\frac{\varnothing}{S} = \frac{C \cdot \Delta\theta}{e}$$

$$\frac{\varnothing_{\text{vidro}}}{S} = \frac{1,0 \cdot \Delta\theta}{5,0} \quad (1)$$

$$\frac{\varnothing_{\text{tijolo}}}{S} = \frac{0,12 \cdot \Delta\theta}{90} \quad (2)$$

Fazendo (1) : (2), tem-se:

$$\frac{\varnothing_{\text{vidro}}}{\varnothing_{\text{tijolo}}} = 150$$

5 (UFES) Um ventilador de teto, fixado acima de uma lâmpada incandescente, apesar de desligado, gira lentamente algum tempo após a lâmpada estar acesa. Esse fenômeno é devido à:

- a) convecção do ar aquecido
- b) condução do calor
- c) irradiação da luz e do calor
- d) reflexão da luz
- e) polarização da luz

O ar aquecido possui menor densidade que o ar à temperatura ambiente. O "peso específico" (força peso por unidade de volume) do ar aquecido é menor que o do frio fazendo com que o ar aquecido suba em meio ao frio.

Exercícios-Tarefa

1 (FMABC – SP) Atualmente, os diversos meios de comunicação vêm alertando a população para o perigo que a Terra começou a enfrentar já há algum tempo: o chamado "efeito estufa"! Tal efeito é devido ao excesso de gás carbônico, presente na atmosfera, provocado pelos poluentes dos quais o homem é responsável direto. O aumento de temperatura provocado pelo fenômeno deve-se ao fato de que:

- a) a atmosfera é transparente à energia radiante e opaca para as ondas de calor.
- b) a atmosfera é opaca à energia radiante e transparente para as ondas de calor.
- c) a atmosfera é transparente tanto para a energia radiante como para as ondas de calor.
- d) a atmosfera é opaca tanto para a energia radiante como para as ondas de calor.
- e) a atmosfera funciona como um meio refletor para a energia radiante e como meio absorvente para as ondas de calor.

Resolução:

A atmosfera age como o vidro da estufa de flores ou o vidro do carro, deixa passar energia radiante (raios solares) e impede a passagem das ondas de calor (infravermelhos).

Resposta: A

2 (MACKENZIE) Uma parede de tijolos e uma janela de vidro de espessura 180 mm e 2,5 mm, respectivamente, têm suas faces sujeitas à mesma diferença de temperatura. Sendo as condutibilidades térmicas do tijolo e do vidro iguais a 0,12 e 1,00 unidades SI, respectivamente, então a razão entre o fluxo de calor conduzido por unidade de superfície pelo vidro e pelo tijolo é:

- a) 200 b) 300 c) 500 d) 600 e) 800

Resolução:

$$\Phi_{\text{tijolo}} = \left(\frac{C \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} \right)_{\text{tijolo}} = \frac{0,12 \cdot A_t \cdot \Delta\theta}{180 \cdot 10^{-3}}$$

$$\left(\frac{\Phi}{A} \right)_{\text{tijolo}} = \frac{2}{3} \Delta\theta$$

$$\Phi_{\text{vidro}} = \left(\frac{C \cdot A \cdot \Delta\theta}{e} \right)_{\text{vidro}} = \frac{1,0 \cdot A_v \cdot \Delta\theta}{2,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$\left(\frac{\Phi}{A} \right)_{\text{vidro}} = 400 \Delta\theta$$

Então,

$$R = \left(\frac{\Phi}{A} \right)_{\text{vidro}} : \left(\frac{\Phi}{A} \right)_{\text{tijolo}} = 400 \Delta\theta \cdot \frac{3}{2 \Delta\theta}$$

$$R = 600$$

R = razão

Resposta: D

3 (UNITAU – SP – modificado) Num dia quente você estaciona o carro num trecho descoberto e sob um sol causificante. Sai e fecha todos os vidros. Quando volta, nota que "o carro parece um forno". Esse fato se dá porque:

- a) o vidro é transparente à luz solar e opaco ao calor.
- b) o vidro é transparente apenas às radiações infravermelhas.
- c) o vidro é transparente e deixa a luz entrar.
- d) o vidro não deixa a luz de dentro brilhar fora.
- e) o vidro é excelente condutor de energia térmica.

Resolução:

Ser "transparente" neste caso é deixar passar através de si e ser "opaco" é impedir a passagem. Logo, o vidro do carro deixa a luz solar passar e impede a passagem do calor.

Resposta: A

4 Sabe-se que a temperatura do café se mantém razoavelmente constante no interior de uma garrafa térmica perfeitamente vedada.

a) Qual o principal fator responsável por esse bom isolamento térmico?

Resolução:

A condução não ocorre no vácuo.

b) O que acontece com a temperatura do café se a garrafa térmica for agitada vigorosamente? Explique sua resposta.

Resolução:

Aumenta, pois há transformação de energia mecânica em térmica.

5 Uma placa de ferro é atravessada por 8,0 kcal em 20 s. Determine o fluxo de calor nessa placa.

Resolução:

$$\varnothing = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{8000}{20}$$

$$\varnothing = 400 \text{ cal/s}$$

- 6** A placa de aço que separa o compartimento do motor de um automóvel da cabine onde ficam os passageiros é chamada de “parede de fogo”. Para melhor isolamento térmico do interior do veículo, seria interessante
- aumentar a área dessa parede.
 - diminuir a espessura dessa parede.
 - cobrir a parede com uma grossa camada de feltro.
 - aumentar a diferença de temperatura entre os dois compartimentos.
 - cobrir a parede com uma fina camada de metal.

Resolução:

Melhor isolamento térmico é sinônimo de menor fluxo de calor. Pela relação de Fourier: $\Phi = \frac{C \cdot S \cdot \Delta\theta}{e}$ onde:

C = condutividade térmica

S = área da superfície de contato

$\Delta\theta$ = diferença de temperatura entre as regiões quente e fria

e = espessura da placa de separação

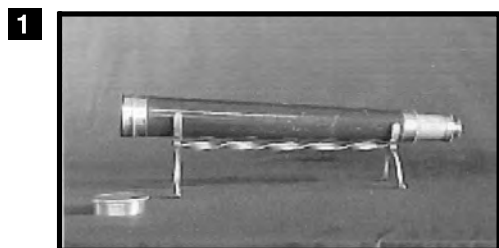
Quando a espessura (e) é aumentada, conservadas as demais grandezas, o fluxo (Φ) diminui porque são inversamente proporcionais.

Resposta: C

AULA 2

ÓPTICA DA VISÃO (I) – INSTRUMENTOS ÓPTICOS (I)

Exercícios propostos



Luneta astronômica



Microscópio composto

As coincidências científicas não raras vezes provocam surpresas!

Nas fotos acima, são vistos dois instrumentos de óptica que, não obstante sejam usados para fins diferentes, possuem uma constituição bem parecida.

Assinale em qual das alternativas abaixo aparecem corretamente as coincidências destes instrumentos.

- Ambos são constituídos por lentes divergentes e geram imagens finais reais.
- Ambos são constituídos por lentes convergentes e geram imagens finais reais.

- Ambos são constituídos por lentes divergentes e geram imagens finais virtuais.
- Ambos são constituídos por lentes convergentes e geram imagens finais virtuais.
- Ambos são constituídos por lentes cilíndricas e geram imagens reais.

2 Um oftalmologista diz que uma pessoa é míope e o seu grau de miopia é igual a 2,0. Podemos concluir que as lentes corretivas deverão ser

- divergentes de distância focal igual a -50 cm.
- convergentes de distância focal igual a 2,0 metros.
- divergentes de distância focal igual a 0,5 cm.
- cilíndricas de distância focal 2,0 cm.
- convergentes de vergência igual a 2,0 di.

$$V = -2,0 \text{ di}$$

$$\frac{1}{f} = -2,0$$

$$f = -0,50 \text{ m}$$

$$f = -50 \text{ cm}$$

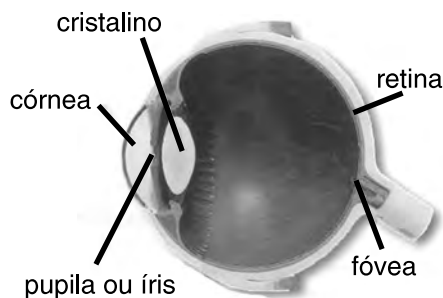
Para responder à questão 3, considere as seguintes lentes esféricas delgadas:

- Lente A: convergente, de distância focal da ordem de milímetros.
- Lente B: convergente, de distância focal da ordem de centímetros.
- Lente C: convergente, de distância focal da ordem de metros.

3 Um instrumento óptico é confeccionado utilizando-se as lentes **B** e **C**. Esse instrumento é mais adequado para a

- observação de microorganismos em meios aquosos.
- observação de microfilmes.
- observação de crateras lunares.
- correção da miopia.
- fabricação de lentes para óculos bifocais.

4 O esquema visto abaixo é o do olho humano, que pode ser assemelhado a um instrumento óptico, como a câmera fotográfica.



Na câmera fotográfica, os raios advindos do infinito são convergidos pela lente e gravam a imagem do objeto captado no filme.

No olho humano, faz as vezes do filme:

- a) a pupila
- b) a córnea
- c) o cristalino
- d) a fóvea
- e) a retina**

5 A distância mínima de visão distinta de uma pessoa "normal", também chamada de emetrope, é de 25 cm. Um homem idoso somente consegue enxergar com o objeto a mais de meio metro de seus olhos. A enfermidade da visão deste homem e o valor da vergência das lentes de seus óculos, são:

- a) Miopia e 1,0 di.
- b) Hipermetropia e 2,0 di.**
- c) Cilíndrica e 2,0 di.
- d) Miopia e 3,0 di.
- e) Presbiopia e 3,0 di.

f = distância focal da lente corretiva do hipermetrope

d_{pp} = distância mínima de visão distinta (ponto próximo)

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0,25(m)} - \frac{1}{d_{pp}}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{0,50}$$

$$f = 0,50 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{f} \quad v = \frac{1}{0,50}$$

$$v = 2,0 \text{ dioptrias (di)}$$

$v > 0$ = lente convergente

6 Observando discretamente certos usuários de óculos, em muitos deles você verá a imagem do olho em tamanho reduzido, em relação ao tamanho natural do olho daquele usuário. Por seus conhecimentos de óptica da visão, você conclui que a pessoa, (aqui chamada de usuário), sofre de

- a) miopia e usa lentes divergentes.**
- b) hipermetropia e usa lentes convergentes.
- c) presbiopia e usa lentes convergentes.
- d) miopia e usa lentes convergentes.
- e) hipermetropia e usa lentes divergentes.

Exercícios complementares

1 A Rede Globo de Televisão, reprisando programas humorísticos antigos apresentou um quadro em que aparece o personagem chamado "Zé Bonitinho", que usa óculos cujas lentes produzem uma imagem bem ampliada dos olhos do ator. Pode-se afirmar que o defeito de visão do personagem e o tipo de lente que corrige esse defeito são, respectivamente:

- a) Miopia; convergente
- b) Hipermetropia; divergente**

- c) Miopia; divergente
- d) Hipermetropia; convergente**
- e) Astigmatismo; cilíndrica

Como se trata de imagem virtual, direita e maior, a lente usada é a *convergente*, que corrige o defeito de visão denominado *hipermetropia*.

2 Há um comentarista de economia na televisão brasileira chamado Joelmir Betting, cujos óculos possuem lentes que produzem de seus olhos uma imagem reduzida. Certamente o defeito de visão do comentarista e o tipo de lente usada para corrigir esse defeito são:

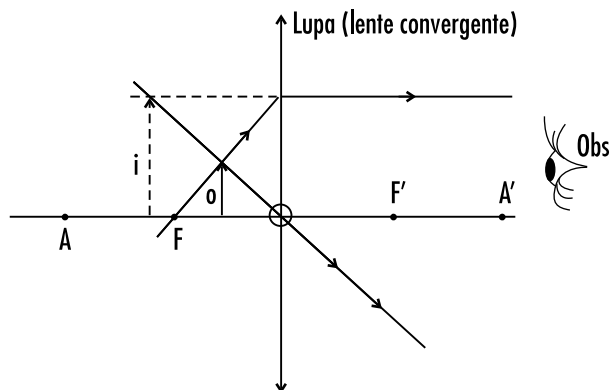
- a) Hipermetropia; convergente
- b) Miopia; cilíndrica
- c) Hipermetropia; convergente
- d) Miopia; divergente**
- e) Astigmatismo; cilíndrica

A imagem fornecida pela lente é virtual, direita e reduzida em relação aos olhos do comentarista. Isto ocorre quando a lente usada é a divergente e o defeito de visão é a miopia.

3 Com o uso de uma lente convergente, Clarice tenta ampliar a imagem de uma formiguinha, mas não obtém sucesso, não obstante aproxime a lente do inseto. Isto ocorre porque:

- a) a formiguinha não está posicionada entre o foco principal e o ponto antiprincipal da lente;
- b) a formiguinha não está posicionada entre o foco principal e o centro óptico da lente;**
- c) a formiguinha é muito grande;
- d) a formiguinha é muito pequena;
- e) a formiguinha não está além do ponto antiprincipal da lente.

Uma lente convergente pode ser usada como lupa somente quando o objeto observado está entre o foco principal e o centro óptico. Neste caso a imagem fornecida pela lente é classificada como virtual, direita e ampliada, em relação ao objeto observado, conforme figura abaixo:

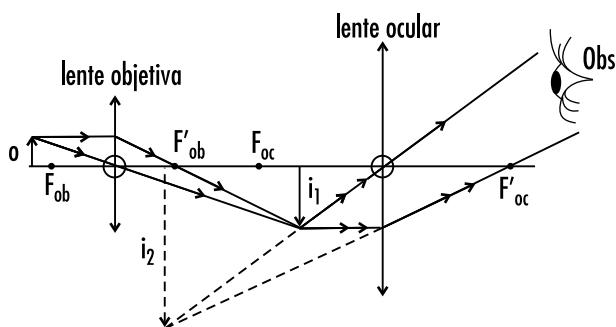


- o = objeto observado
- i = imagem (virtual, direita e maior)
- Obs = observador
- F = foco principal objeto
- F' = foco principal – imagem
- A = ponto antiprincipal – objeto
- A' = ponto antiprincipal – imagem
- O = centro óptico da lente

4 O instrumento de óptica chamado de microscópio composto é constituído por duas lentes, ambas convergentes: a objetiva, que capta primeiramente o objeto e lhe conjuga uma imagem e a ocular que, fazendo o papel de lupa, amplia a imagem obtida pela objetiva, fornecendo ao observador uma imagem final. Em relação ao objeto observado, pode-se afirmar que as imagens conjugadas pela objetiva e pela ocular são, respectivamente:

- a) Virtual, direita e maior / virtual, direita e maior.
- b) Virtual, direita e menor / virtual, direita e maior.
- c) Real, direita e maior / virtual, direita e menor.
- d) Real, invertida e maior / virtual, invertida e maior.**
- e) Virtual, invertida e maior / real, direita e maior.

A lente objetiva do microscópio composto conjuga do objeto uma imagem real, invertida e maior, e a imagem fornecida pela ocular, em relação ao objeto observado é virtual, invertida e maior, conforme esquema abaixo:



- F_{ob}, F'_{ob} = focos principais da objetiva
- F_{oc}, F'_{oc} = focos principais da ocular
- i_1 = imagem fornecida pela objetiva
- i_2 = imagem fornecida pela ocular (imagem final)
- o = objeto observado
- Obs = observador

Exercícios-Tarefa

Para responder à questão 1, considere as seguintes lentes esféricas delgadas:

- I. Lente A: convergente, de distância focal da ordem de milímetros.
- II. Lente B: convergente, de distância focal da ordem de centímetros.
- III. Lente C: convergente, de distância focal da ordem de metros.

1 Um microscópio composto pode ser construído utilizando-se

- a) as lentes **B** e **C**, apenas.
- b) as lentes **A** e **C**, apenas.
- c) as lentes **A** e **B**, apenas.
- d) apenas a lente **C**.
- e) apenas a lente **B**.

Resolução:

No microscópio composto as duas lentes usadas são convergentes, sendo a objetiva com distância focal da ordem de milímetros e a ocular com distância focal da ordem de centímetros.

Resposta: C

2 O aumento linear transversal fornecido por uma lupa de distância focal igual a 3,0 cm, quando colocamos um objeto real a 2,0 cm de seu centro óptico, é igual a:

- a) 7,0 b) 6,0 c) 5,0 d) 3,0 e) 2,0

Resolução:

$$A = \frac{f}{f - p}$$

$$A = \frac{3,0}{3,0 - 2,0}$$

$$A = 3,0$$

Resposta: D

3 Um certo míope já não pode ver com nitidez objetos situados a uma distância superior a 0,25 m. Desprezando outras considerações de ordem anatômica ou fisiológica, determine:

- a) o tipo de lente corretiva indicada para a correção da miopia.

Resposta: Divergente.

- b) a vergência das lentes corretivas para esse míope.

Resolução:

$$V = -\frac{1}{f}$$

$$V = -\frac{1}{0,25}$$

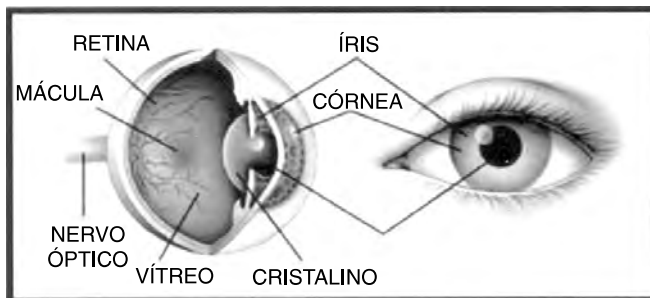
$$V = -4,0 \text{ di}$$

ÓPTICA DA VISÃO (II) – INSTRUMENTOS ÓPTICOS (II)

Exercícios propostos

O texto abaixo refere-se às questões 1, 2 e 3.

O propósito do olho humano, no processo da visão, é formar uma imagem no fundo do olho, que é conhecido genericamente como "retina". Podemos considerar que o olho é um instrumento óptico, por tal *performance*. A necessidade de lentes de óculos, em frente do olho, é determinada pela inexactidão com que a imagem é formada na retina.



Em uma máquina de fotografar, a entrada de luz é controlada pelo dispositivo denominado **diafragma**, os raios de luz são captados pela **lente** e as imagens são gravadas no **filme**.

Associando-se o olho humano a uma câmera fotográfica tem-se que:

- 1** No olho humano a pupila faz o papel semelhante ao do(a)
 - a) filme
 - b) lente
 - c) diafragma**
 - d) lente e diafragma
 - e) filme e diafragma
- 2** O cristalino do olho humano é tal qual
 - a) a lente da máquina fotográfica, que é convergente.**
 - b) a lente da máquina fotográfica, que é bicôncava.
 - c) o filme da máquina fotográfica.
 - d) a pupila da máquina fotográfica.
 - e) a retina da máquina fotográfica.

3 Assinale a alternativa que contém as palavras que completam corretamente as lacunas da frase:

"A necessidade das lentes _____ de óculos, em frente do olho, é determinada porque a imagem é formada _____ da retina."

- a) convergentes / depois
- b) divergentes / depois
- c) convergentes / antes
- d) cilíndricas / antes
- e) divergentes / antes**

4 A distância focal de uma lupa é 5,0 cm. A imagem é formada a 20 cm da lupa. Determine:

a) a distância do objeto à lupa.

Resolução:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{5,0} = \frac{1}{p} - \frac{1}{20}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{20} + \frac{1}{5,0} = \frac{1+4}{20}$$

$$\frac{1}{p} = \frac{5}{20}$$

$$p = 4,0 \text{ cm}$$

Resposta: p = 4,0 cm

b) o aumento linear transversal.

Resolução:

$$A = \frac{-p'}{p} = \frac{-(-20)}{5,0}$$

$$A = 4,0$$

Resposta: A = 4,0

5 Afrânio começou a se sentir incomodado. Mesmo sentando perto da lousa, na sala de aula, não conseguia enxergar com nitidez. Conversou com o médico oftalmologista e este lhe receitou óculos com lentes convergentes de vergência +2,0 di. A enfermidade apresentada pelos olhos de Afrânio e a distância focal, em centímetros, de suas lentes são:

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| a) Miopia / 50 | d) Hipermetropia / 25 |
| b) Hipermetropia / 50 | e) Miopia / 20 |
| c) Miopia / 25 | |

Resolução:

$v > 0 \rightarrow$ lente convergente \rightarrow hipermetropia

$$f = \frac{1}{v} = \frac{1}{2,0}$$

$$f = 0,50 \text{ m}$$

$$f = 50 \text{ cm}$$

Resposta: B

4 A lupa é considerada um dos mais simples instrumentos de óptica. Ela é composta por uma lente _____ e a imagem por ela conjugada é classificada como _____.

A afirmativa acima fica verdadeira, desde que completada pelas expressões:

- a) divergente / real, invertida e maior que o objeto observado
- b) convergente / virtual, invertida e maior que o objeto observado
- c) convergente / virtual, direita e maior que o objeto observado**
- d) divergente / real, direita e maior que o objeto observado
- e) divergente / virtual, direita e menor que o objeto observado

5 Gilson quer usar uma lente esférica como "lente de aumento", ou lupa. A distância focal desta lente vale 20 cm. Então, para que Gilson tenha sucesso, o comportamento óptico da lente escolhida e a distância D, entre o objeto observado e a lente devem ser, respectivamente,

- a) convergente e $D > 20$ cm.
- b) divergente e $D < 20$ cm.
- c) convergente e $D = 20$ cm.
- d) convergente e $D < 20$ cm.**
- e) divergente e $D = 20$ cm.

6 Um estudante do Colégio Objetivo, muito interessado em Física, deseja fotografar um objeto cuja altura vale dois metros. Para isto, ele dispõe de uma câmera fotográfica de 3,5 cm de profundidade (distância da lente ao filme), e que permite uma imagem de 2,5 cm de altura no filme. A mínima distância que ele deve ficar do objeto é, em metros,

- a) 1,8 b) 2,0 c) 2,5 **d) 2,8** e) 3,5

$$\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

$$\frac{-2,5 \text{ cm}}{200 \text{ cm}} = \frac{-3,5 \text{ cm}}{p}$$

$$p = 280 \text{ cm}$$

$$p = 2,8 \text{ m}$$

($i < 0$ = imagem invertida)

Exercícios complementares

1 Um projetor de slides deve projetar sobre a tela, situada a 7 m do aparelho, uma imagem vinte vezes maior. Determine:

a) a distância do slide à lente;

b) a vergência da objetiva do projetor.

$$p' = 7 \text{ m} \quad i = 20 \text{ o} \text{ (} i < 0 \Rightarrow \text{imagem invertida)}$$

$$\text{a) } \frac{i}{o} = \frac{p'}{p} \Rightarrow \frac{-20\text{o}}{o} = \frac{-7}{p} \Rightarrow p = \frac{7}{20} \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$\text{b) } v = \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$v = \frac{1}{0,35} + \frac{1}{7} \Rightarrow$$

$$v = 3,0 \text{ di}$$

2 Uma máquina fotográfica simples é constituída por uma câmara escura. Numa das faces verticais, é colocado um filme fotográfico sensível e, na oposta está uma lente adequada que pode se afastar ou se aproximar do filme. Pergunta-se:

a) A lente pode ser divergente? Justifique a sua resposta;

Não, porque lente divergente não fornece imagem projetável, isto é, a imagem não ficaria projetada no filme.

b) Em que lugar, em relação à lente, deve ser colocado o filme, para se obterem imagens nítidas de um objeto infinitamente afastado?

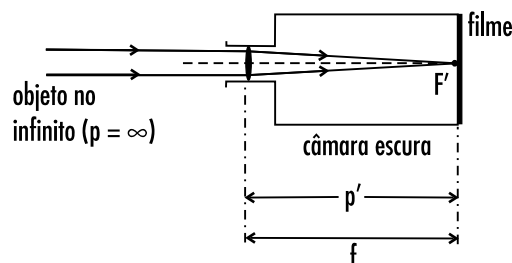
Pela equação de Gauss:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p} + \frac{1}{p'}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\infty} + \frac{1}{p'}, \text{ (} \infty \rightarrow \text{infinito)}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{p'}, \Rightarrow p' = f$$

O filme deve ser posicionado sobre o foco principal imagem da lente, como no esquema a seguir:



3 (FUVEST-SP) O ponto remoto corresponde à maior distância que pode ser focalizada na retina. Para um olho míope, o ponto remoto, que normalmente está no infinito, fica bem próximo dos olhos. Determine:

a) O tipo de lente que o míope deve usar para corrigir o defeito.

lente divergente

b) A distância focal de uma lente para corrigir a miopia de uma pessoa cujo ponto remoto se encontra a 20 cm do olho.

$$f = -d_{PR} = -20 \text{ cm}$$

$$f = -20 \text{ cm}$$

(d_{PR} → distância do ponto remoto)

4 O ponto próximo de um hipermetrope está a 75 cm de seu olho. Para que ele enxergue nitidamente objetos situados a 25 cm de distância, determine:

a) O tipo de lente que deve usar;

lente convergente

b) A vergência desta lente.

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{d_{pp}}$$

(d_{pp}) → distância do ponto próximo

$$v = \frac{1}{0,25} - \frac{1}{0,75}$$

$$v = 4,0 - \frac{4,0}{3}$$

$$v \cong 2,7 \text{ di}$$

5 (PUC-SP) Uma luneta astronômica improvisada foi construída com duas lentes de óculos cujas distâncias focais são 200 cm e 20 cm. O aumento visual desta luneta é de:

a) 4000 vezes

d) 180 vezes

b) 220 vezes

e) 10 vezes

c) 200 vezes

$$A_{\text{luneta}} = \frac{f_{ob}}{f_{oc}}$$

$$A_{\text{luneta}} = \frac{200}{20} \Rightarrow A_{\text{luneta}} = 10 \text{ vezes}$$

Exercícios-Tarefa

1 Os músculos ciliares são responsáveis pela variação da vergência do cristalino, a lente convergente possuída pelo olho humano. Quando um objeto a ser visto encontra-se afastado do olho, os músculos ciliares

a) contraem o cristalino para a vergência aumentar.

b) relaxam o cristalino para a vergência diminuir.

c) contraem o cristalino para a vergência diminuir.

d) relaxam o cristalino para a vergência aumentar.

e) não se alteram.

Resolução:

A lente que capta objetos afastados possui distância focal grande. A vergência de uma lente é o valor inverso da dis-

tância focal, ($v = \frac{1}{f}$). Assim, para captar objetos afastados

do olho, os músculos ciliares relaxam o cristalino para que ele, mais alongado, possua maior distância focal, que diminui o valor de sua vergência.

Resposta: B

2 Uma lente convergente de 3,0 cm de distância focal é usada como lupa. Para que um observador veja uma imagem ampliada de um fator 3, a distância entre a lupa e o objeto deve ser, em centímetros,

a) 6,0 b) 5,0 c) 4,0 d) 3,0 e) 2,0

Resolução:

$$A = \frac{f}{f-p}$$

$$3 = \frac{3,0}{3,0-p}$$

$$p = 2,0 \text{ cm}$$

Resposta: E

3 A lente objetiva de uma câmera fotográfica está a 4,0 cm do filme. Denise deseja fixar esta distância para fotografar um animal de dois metros de altura e obter uma imagem no filme com altura de 2,0 cm. Certamente o animal está a uma distância da câmera que vale, em metros,

a) 4,0 b) 3,0 c) 2,0 d) 1,0 e) 0,5

Resolução:

$$\frac{i}{o} = \frac{-p'}{p}$$

$$\frac{-2,0 \text{ cm}}{200 \text{ cm}} = \frac{-4,0}{p}$$

$$p = 400 \text{ cm}$$

$$p = 4,0 \text{ m}$$

Resposta: A

4 Assinale a alternativa que contém aparelhos que produzem imagens reais e invertidas.

a) Luneta astronômica, lupa e câmera fotográfica.

b) Projetor de slides, câmeras fotográficas e olho humano.

c) Projetor de slides, câmeras fotográficas e luneta astronômica.

d) Luneta astronômica, lupa e olho humano.

e) Câmera fotográfica, lupa e olho humano.

Resolução:

Os aparelhos que produzem imagens reais geralmente necessitam de um anteparo (tela) para projetar as suas imagens. Neste caso são eles:

1 – projetor de slides ⇒ anteparo: tela / parede

2 – câmeras fotográficas ⇒ anteparo: filme

3 – olho humano ⇒ anteparo: retina

Resposta: B