

Dinâmica

Assunto: Movimentos Curvilíneos

Aula 04 – Dinâmica dos movimentos curvilíneos na horizontal

Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 04](#)

Aceleração Centrípeta: Já foi estudado na aula 04 de cinemática vetorial a aceleração centrípeta. Seu módulo é dado por:

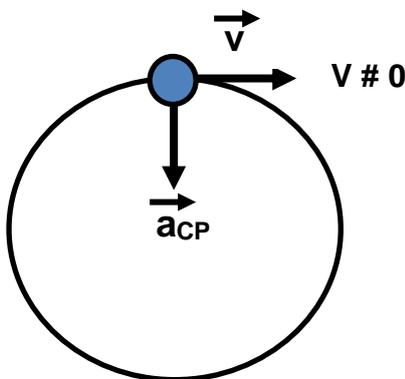
$$a_{cp} = \frac{v^2}{R}$$

V --- velocidade do móvel no movimento curvilíneo.

R --- raio da trajetória.

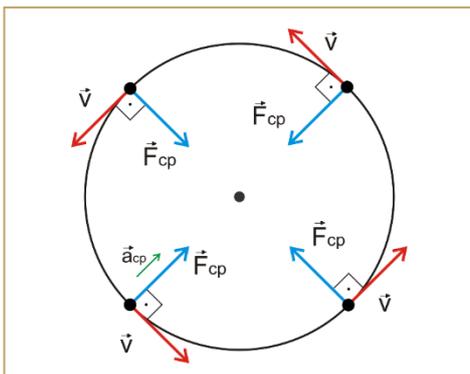
Fazendo uma revisão rápida, sabemos que um corpo quando está girando em movimento circular e uniforme, o vetor velocidade é tangente à trajetória e seu módulo é constante. Mas sabemos também que o vetor velocidade muda de direção o tempo todo no decorrer do movimento. Isso ocorre porque existe para o centro da trajetória uma aceleração que é a **aceleração centrípeta**.

Para exemplificar vamos considerar o móvel em uma trajetória circular em um plano horizontal.



Neste caso, teremos um movimento circular e uniforme. Como não existe aceleração tangencial, o valor do módulo do vetor velocidade não varia. Mas existe a aceleração centrípeta que será responsável pela mudança na direção do vetor velocidade do corpo.

Força Centrípeta: Dando sequência, se existe uma aceleração, que é a centrípeta, então pela 2ª lei de Newton existirá uma força que causa essa aceleração. Tal força será denominada de **Força Centrípeta**, e seu valor será dado pela 2ª lei de Newton como:



$$\vec{F}_{cp} = m \cdot \vec{a}_{cp} \quad \text{em módulo teremos:} \quad F_{cp} = m \cdot a_{cp}$$

Então é importante em um problema você identificar quem é o(a) responsável por esta força estar existindo.



Por exemplo, a figura ao lado mostra um menino girando um corpo, preso a um barbante, em movimento circular. Quem é o responsável direto que causa a aceleração centrípeta ou a força centrípeta? A resposta é o barbante. A tração do barbante é a responsável pela força centrípeta. Indiretamente quem está causando essa força é a mão do menino, mas quem está ligado diretamente ao corpo é o barbante. Então

você pode começar um problema desse dizendo que **tração = força centrípeta**.

$$T = F_{cp}$$

Outro exemplo é um carro em movimento circular e uniforme (MCU) fazendo uma curva horizontal, como mostra a figura. Para que o carro faça a curva deve haver uma aceleração centrípeta causada pela força centrípeta. Nesse caso quem será o(a) responsável por essa força centrípeta? A resposta está na força de atrito entre os pneus do carro e o solo. Se a velocidade do carro for muito alta, a aceleração centrípeta também será e consequentemente a força centrípeta também. Se o atrito não for suficiente, o carro irá derrapar. Sendo assim, se conhecermos o coeficiente de atrito entre os pneus do carro e o solo, ficará fácil saber qual será a velocidade máxima que o carro poderá fazer nesta curva. Veja como funciona:

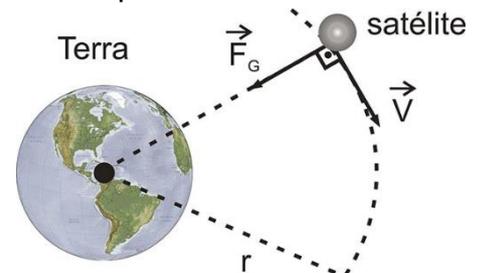


$$F_{cp} = f_{at} \rightarrow m \cdot a_{cp} = \mu \cdot N' \quad (\text{lembrando-se que a normal é igual ao peso neste caso})$$

$$m \cdot \frac{v^2}{R} = \mu \cdot (m \cdot g) \rightarrow v = \sqrt{\mu g R}$$

Observe que o resultado mostra que quanto maior o raio da curva e maior o coeficiente de atrito entre os pneus e o solo, maior poderá ser a velocidade com que o carro poderá fazer a curva.

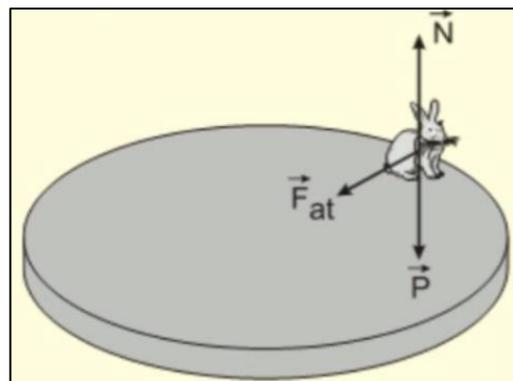
Mais um exemplo, é um satélite em órbita da Terra. Quem mantém o satélite orbitando a Terra em um movimento circular é a força de atração gravitacional (F_G). Veja na figura ao lado. A força centrípeta é a própria força de atração gravitacional, que é a força peso do satélite. Então no caso do satélite teremos:



$$\vec{F}_{cp} = \vec{P}$$

Exercício de aprendizagem:

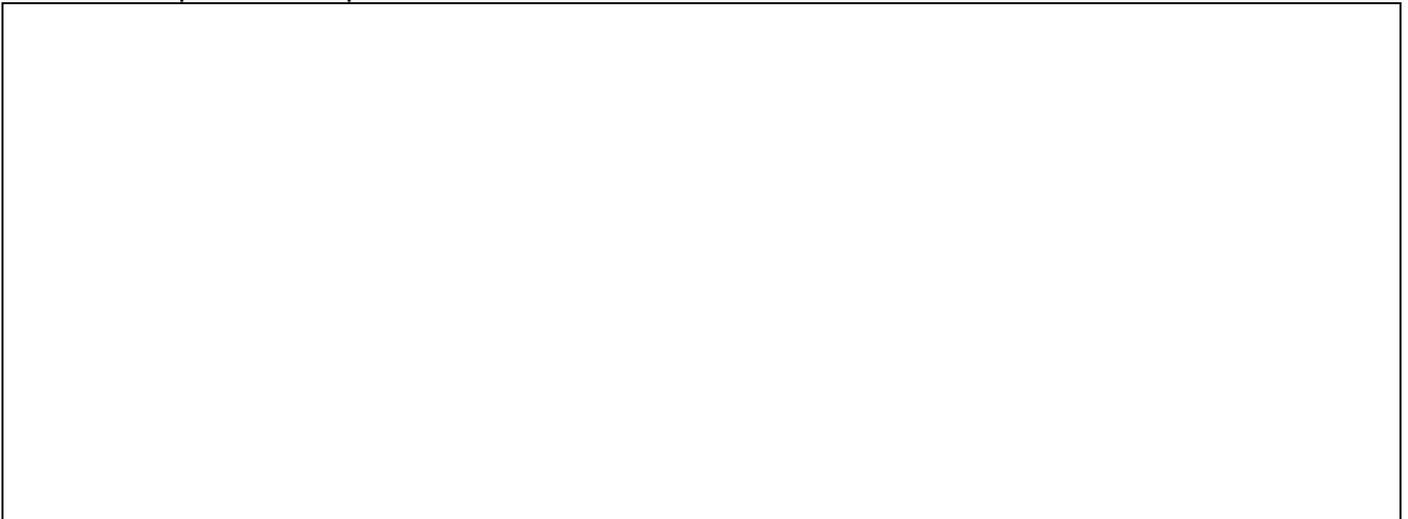
1) (UPE) Um coelho está cochilando em um carrossel parado, a uma distância de 5 m do centro. O Carrossel é ligado repentinamente e logo atinge a velocidade normal de funcionamento na qual completa uma volta a cada 6 s. Nessas condições, o coeficiente de atrito estático mínimo entre o coelho e o carrossel, para que o coelho permaneça no mesmo lugar, sem escorregar, vale:
Considere $\pi = 3$ e $g = 10\text{m/s}^2$



- a) 0,2 b) 0,5 c) 04 d) 0,6 e) 0,7

2) Uma partícula de massa 2 kg descreve MCU com velocidade de 4 m/s. Sabendo-se que o raio da trajetória é 2 m, calcule o valor da força centrípeta.

3) Se a partícula do exercício anterior estivesse descrevendo MCUV (movimento circular uniformemente variado) com aceleração tangencial de 8 m/s^2 , qual seria o módulo da força resultante que atua na partícula?

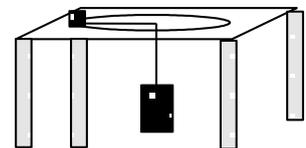


Exercícios de Fixação:

1) Um corpo de massa 1 kg descreve sobre uma mesa polida uma trajetória circular de raio igual a 1 metro , quando preso mediante um fio a um ponto fixo na mesa. A velocidade do movimento tem intensidade igual a 2 m/s . Calcule a tração exercida no fio.

2) Um corpo de massa 100g gira num plano horizontal, sem atrito, em torno de um ponto fixo desse plano, preso por um fio de comprimento $1,0 \text{ metro}$ e capaz de resistir a uma tração máxima de 10N . Calcule a velocidade máxima que o corpo pode atingir.

3) Um corpo de massa 5kg apoia-se sobre um plano horizontal sem atrito e está ligado por meio de um fio, a outro corpo de massa 50kg que pende verticalmente, por um fio passando por um furo feito no plano. Fazendo-se o corpo de massa m girar em torno do furo verifica-se que o outro fica em repouso quando a parte do fio sobre o plano horizontal mede 25cm . Assumindo $g = 10\text{m/s}^2$ determinar a velocidade do corpo que gira.

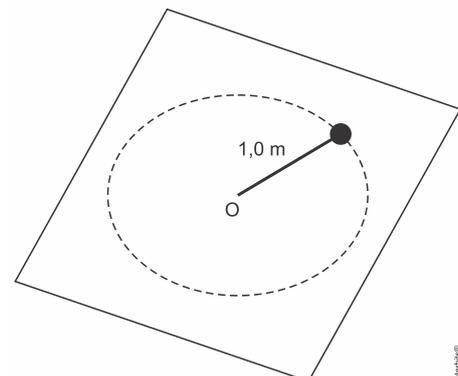


4) Um carro com certa velocidade faz uma curva de raio R . A resultante das forças que atuam no carro é central e tem intensidade F . No caso de a curva ter um raio $R/2$ e a velocidade do carro ser a metade da anterior:

- a) F seria o dobro da anterior.
- b) F seria a metade da anterior.
- c) F seria a mesma.
- d) Não tem dados suficientes para se calcular.
- e) nenhuma das anteriores.

5) (Mackenzie) - Uma esfera de massa $2,00 \text{ kg}$ que está presa na extremidade de uma corda de $1,00 \text{ m}$ de comprimento, de massa desprezível, descreve um movimento circular uniforme sobre uma mesa horizontal, sem atrito. A força de tração na corda é de $18,0 \text{ N}$, constante. A velocidade de escape ao romper a corda é

- a) $0,30 \text{ m/s}$.
- b) $1,00 \text{ m/s}$.
- c) $3,00 \text{ m/s}$.

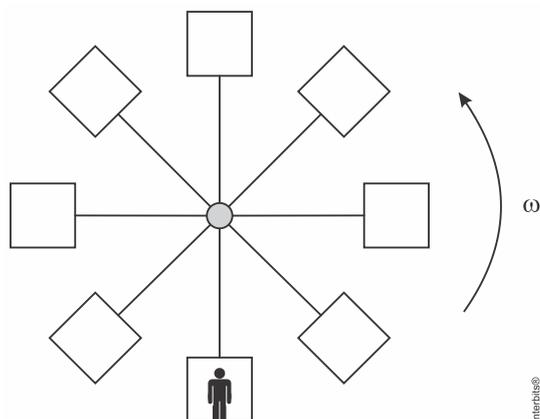


- d) 6,00 m/s.
e) 9,00 m/s.

6) (Uece) Uma criança deixa sua sandália sobre o disco girante que serve de piso em um carrossel. Considere que a sandália não desliza em relação ao piso do carrossel, que gira com velocidade angular constante, ω . A força de atrito estático sobre a sandália é proporcional a

- a) ω .
b) ω^2 .
c) $\omega^{1/2}$.
d) $\omega^{3/2}$.

7) (Upe-ssa 1 2016) Em um filme de ficção científica, uma nave espacial possui um sistema de cabines girantes que permite ao astronauta dentro de uma cabine ter percepção de uma aceleração similar à gravidade terrestre. Uma representação esquemática desse sistema de gravidade artificial é mostrada na figura a seguir. Se, no espaço vazio, o sistema de cabines gira com uma velocidade angular ω e o astronauta dentro de uma delas tem massa m , determine o valor da força normal exercida sobre o astronauta quando a distância do eixo de rotação vale R . Considere que R é muito maior que a altura do astronauta e que existe atrito entre o solo e seus pés.



- a) $mR\omega^2$
b) $2mR\omega^2$
c) $mR\omega^2/2$
d) $m\omega^2/R$
e) $8mR\omega^2$

8) (Ufjf-pism 2-modificada) Sobre uma partícula em movimento circular uniforme, são feitas as seguintes afirmações:

- I. Como o movimento é circular uniforme, a aceleração é nula;
II. A aceleração é um vetor perpendicular ao vetor velocidade;
III. O módulo da velocidade varia, já que a aceleração é diferente de zero.
IV. A intensidade da força resultante, que atua na partícula, é constante e aponta para o centro da trajetória circular.

Marque a alternativa **CORRETA**:

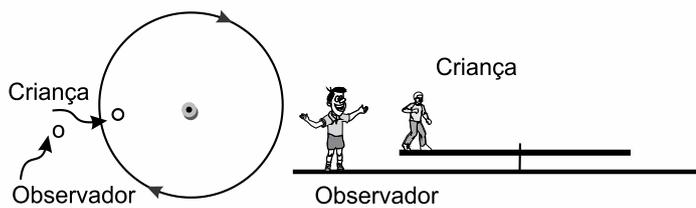
- a) Somente II e III são verdadeiras;
b) Somente I é verdadeira;
c) Somente II é falsa;
d) Somente III é falsa;
e) Somente II e IV são verdadeiras.

9) (Epcar (Afa)) Uma determinada caixa é transportada em um caminhão que percorre, com velocidade escalar constante, uma estrada plana e horizontal. Em um determinado instante, o caminhão entra em

uma curva circular de raio igual a 51,2m, mantendo a mesma velocidade escalar. Sabendo-se que os coeficientes de atrito cinético e estático entre a caixa e o assoalho horizontal são, respectivamente, 0,4 e 0,5 e considerando que as dimensões do caminhão, em relação ao raio da curva, são desprezíveis e que a caixa esteja apoiada apenas no assoalho da carroceria, pode-se afirmar que a máxima velocidade, em m/s, que o caminhão poderá desenvolver, sem que a caixa escorregue é

- a) 14,3
- b) 16,0
- c) 18,0
- d) 21,5

10) (Fgv) Uma criança está parada em pé sobre o tablado circular girante de um carrossel em movimento circular e uniforme, como mostra o esquema (uma vista de cima e outra de perfil).



O correto esquema de forças atuantes sobre a criança para um observador parado no chão fora do tablado é:

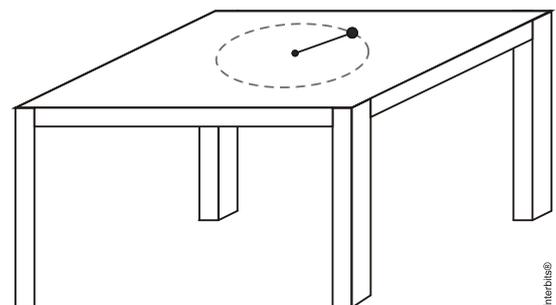
(Dados: F : força do tablado; N : reação normal do tablado; P : peso da criança)

- a) b) c)
- d) e)

11) (Pucrj) - Um bloco de massa 0,50 kg está preso a um fio ideal de 40 cm de comprimento cuja extremidade está fixa à mesa, sem atrito, conforme mostrado na figura. Esse bloco se encontra em movimento circular uniforme com velocidade de 2,0 m/s.

Sobre o movimento do bloco, é correto afirmar que:

- a) como não há atrito, a força normal da mesa sobre o bloco é nula.
- b) o bloco está sofrendo uma força resultante de módulo igual a 5,0 N.
- c) a aceleração tangencial do bloco é 10 m/s^2 .



- d) a aceleração total do bloco é nula pois sua velocidade é constante.
e) ao cortar o fio, o bloco cessa imediatamente o seu movimento.

12) (Unirio) - Um ponto de massa $m = 1 \text{ g}$ executa um movimento de trajetória circular em torno de uma carga elétrica fixa e puntiforme, que o atrai com força elétrica $F = 10^{-3} \text{ N}$, percorrendo arcos iguais em intervalos de tempo iguais. Pode-se afirmar que o tipo de movimento e o valor de sua aceleração, respectivamente:

- a) periódico e $a = 10^{-3} \text{ m/s}^2$.
b) uniforme e $a = 1 \text{ m/s}^2$.
c) uniforme e periódico e $a = 1 \text{ m/s}^2$.
d) uniformemente variado e $a = 10^{-3} \text{ m/s}^2$.
e) uniformemente variado e $a = 2 \text{ m/s}^2$.

13) (Pucsp) Um avião de brinquedo é posto para girar num plano horizontal preso a um fio de comprimento 4,0m. Sabe-se que o fio suporta uma força de tração horizontal máxima de valor 20N. Sabendo-se que a massa do avião é 0,8kg, a máxima velocidade que pode ter o avião, sem que ocorra o rompimento do fio, é



- a) 10 m/s
b) 8 m/s
c) 5 m/s
d) 12 m/s
e) 16 m/s

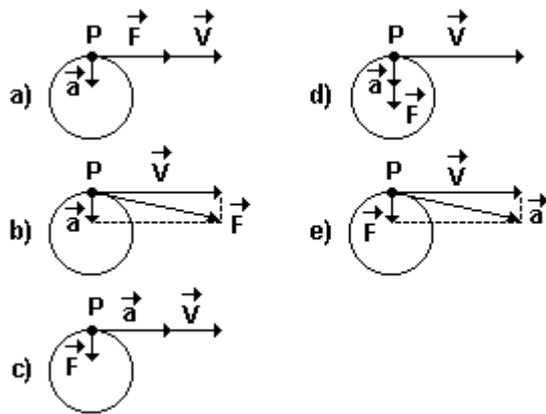
14) (Uel) Um carro consegue fazer uma curva plana e horizontal, de raio 100m, com velocidade constante de 20m/s. Sendo $g = 10\text{m/s}^2$, o mínimo coeficiente de atrito estático entre os pneus e a pista deve ser:

- a) 0,20
b) 0,25
c) 0,30
d) 0,35
e) 0,40

15) (Fei) Um garoto gira sobre a sua cabeça, na horizontal, uma pedra de massa $m=500\text{g}$, presa a um fio de 1m de comprimento. Desprezando-se a massa do fio, qual é a força que traciona o fio quando a velocidade da pedra é $v=10\text{m/s}$?

- a) $F = 2500 \text{ N}$
b) $F = 5000 \text{ N}$
c) $F = 25 \text{ N}$
d) $F = 50 \text{ N}$
e) $F = 100\text{N}$

16) (Pucpr) Uma partícula P de massa M descreve em um plano horizontal uma trajetória circular em movimento uniforme. A figura que representa corretamente os vetores velocidade \vec{V} , aceleração \vec{a} e a força \vec{F} :



Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

- 1) B 2) $F_{cp} = 16 \text{ N}$ 3) $F_r = 16 \sqrt{2} \text{ N}$

Exercícios de Fixação:

- 1) $T = 4 \text{ N}$ 2) $v = 10 \text{ m/s}$ 3) $v = 5 \text{ m/s}$ 4) b 5) c 6) b 7) a 8) e 9) b No movimento circular uniforme, a resultante das forças radiais é a força centrípeta:

$$F_r = F_c = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

A única força radial é a força de atrito que, dependendo da velocidade, impede que a caixa seja deslocada dentro do caminhão, sendo a resultante centrípeta.

$$F_r = F_{at} = \mu \cdot N \xrightarrow{\text{horizontal}} F_{at} = \mu \cdot m \cdot g$$

Igualando as duas equações:

$$\frac{m \cdot v^2}{R} = \mu \cdot m \cdot g$$

Isolando v:

$$v = \sqrt{\mu \cdot R \cdot g}$$

Substituindo os valores, temos a velocidade máxima para a caixa não escorregar na carroceria:

$$v = \sqrt{0,5 \cdot 51,2 \cdot 10} = \sqrt{256} = 16 \text{ m/s}$$

- 10) d 11) b 12) c 13) a 14) e 15) d 16) d