

Dinâmica

Assunto: Movimentos Curvilíneos

Aula 05 – Dinâmica dos movimentos curvilíneos na vertical

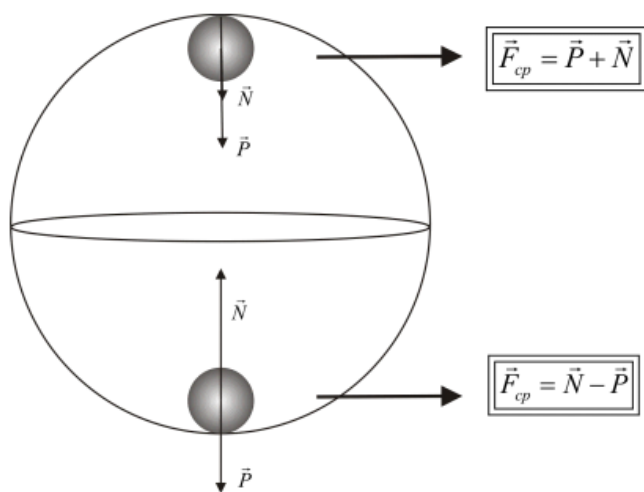
Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 05](#)

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

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

$\left\{ \begin{array}{l} V \text{ --- velocidade do móvel no movimento curvilíneo.} \\ R \text{ --- raio da trajetória.} \end{array} \right.$

Diferente do capítulo anterior, que trabalhamos o movimento circular de um corpo no plano horizontal, teremos agora um corpo girando em movimento circular, porém no plano vertical. Como na aula anterior, para trabalharmos com a aceleração centrípeta que é causada por uma força resultante centrípeta, temos que procurar quais forças são responsáveis por essa resultante centrípeta.



A figura nos mostra uma esfera girando em um plano vertical. No ponto mais baixo temos a normal para cima e o peso para baixo. A resultante centrípeta é a resultante destas duas forças que agem no corpo. Portanto, no ponto mais baixo da trajetória, a resultante centrípeta será dada por $\vec{N} - \vec{P}$, uma vez que a resultante centrípeta tem que estar direcionada para o centro da circunferência (ou seja, para cima).

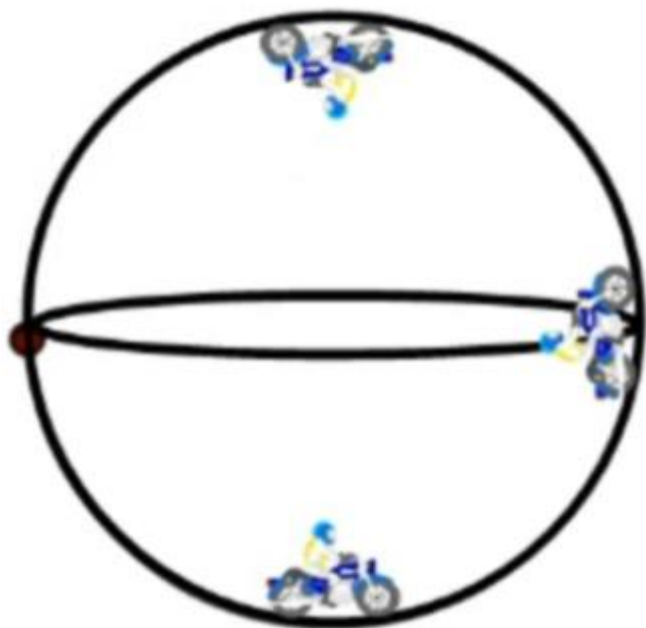
Já no ponto mais alto, tanto a normal quanto o peso agem na mesma direção e sentido. Sendo assim a resultante centrípeta será a soma das duas $\vec{N} + \vec{P}$.

Você pode estar estranhando a existência da força Normal no ponto mais alto. Isso ocorre porque se o corpo está girando na vertical com uma certa velocidade, antes desse ponto mais alto o corpo estava subindo, e por inércia ele tende a continuar subindo até atingir uma altura máxima que seria maior do que a altura que o globo está limitando no caso. Devemos estar atentos que, para que isso aconteça, deve existir uma velocidade mínima para que a esfera não caia. Essa velocidade mínima ocorrerá quando a Normal tender a 0 (zero).

Veremos a seguir mais 2 exemplos que irei explorar na aula. ([siga a aula 05](#))

No primeiro caso temos uma moto girando em um Globo da Morte no plano vertical, e no 2º caso um corpo passando por uma depressão na pista e depois por uma lombada. Vamos

representar em cada caso as forças que agem no corpo e nos espaços em branco a equação que nos dará a resultante centrípeta em cada posição representada na figura.



Exercício de aprendizagem:

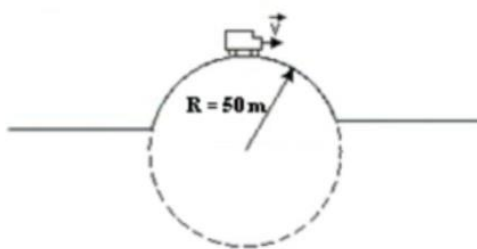
1) Considere um corpo de massa 2 kg, preso a um fio inextensível e de massa desprezível de 1 metro de comprimento, que efetua um movimento circular segundo a vertical. Quando o corpo passa pelo ponto mais alto da trajetória, a sua velocidade é 5 m/s. Determine a tração no fio neste ponto. (adote $g = 10 \text{ m/s}^2$)

2) Considere um motociclista descrevendo voltas no interior de uma esfera de raio R . Determine a menor velocidade que deve ter a moto, para que ele passe pela parte superior da esfera sem cair. Admitir: massa (piloto + moto) = m

3) (Udesc) Um carro de massa $m = 1000 \text{ kg}$ com velocidade escalar constante de 72 km/h trafega por uma pista horizontal quando passa por uma ondulação, conforme figura a seguir e mantém a mesma velocidade escalar. Considere que essa ondulação tenha o formato de uma circunferência de raio $R = 50 \text{ m}$. Dado $g = 10 \text{ m/s}^2$ calcule no ponto mais alto da pista:

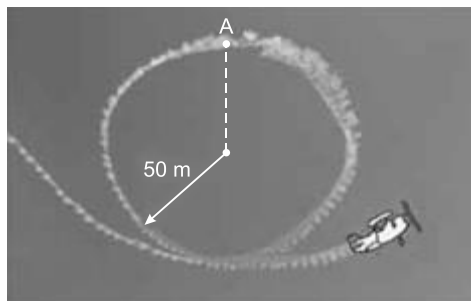
a) A força centrípeta no carro.

b) A intensidade da força de reação que a pista aplica no carro.



Exercícios de Fixação:

1) (Famerp) Em uma exibição de acrobacias aéreas, um avião pilotado por uma pessoa de 80 kg faz manobras e deixa no ar um rastro de fumaça indicando sua trajetória. Na figura, está representado um *looping* circular de raio 50 m contido em um plano vertical, descrito por esse avião.



fora de escala

Adotando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e considerando que ao passar pelo ponto A, ponto mais alto da trajetória circular, a velocidade do avião é de 180 km/h, a intensidade da força exercida pelo assento sobre o piloto, nesse ponto, é igual a

- a) 3.000 N.
- b) 2.800 N.
- c) 3.200 N.
- d) 2.600 N.
- e) 2.400 N.

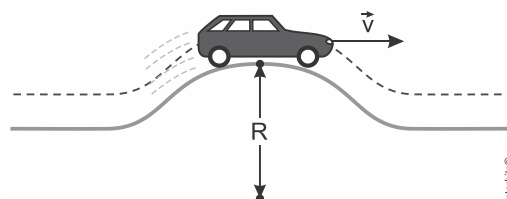
2) (cftmg) Um livro de física de massa m está pendurado por um fio de comprimento L . Em seguida, segurando o fio com uma das mãos e movimentando-a, ele é colocado em movimento circular uniforme vertical, de forma que o livro descreve círculos sucessivos.

A tensão no fio no ponto mais baixo da trajetória

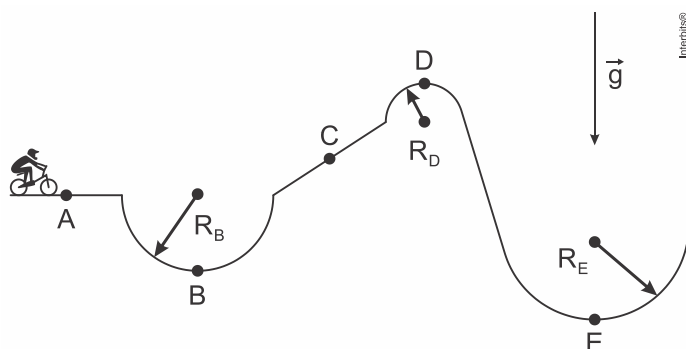
- a) é igual ao peso do livro.
- b) é igual à força centrípeta.
- c) é menor que o peso do livro.
- d) é maior que a força centrípeta.

3) (Uemg) - A figura representa o instante em que um carro de massa M passa por uma lombada existente em uma estrada. Considerando o raio da lombada igual a R , o módulo da velocidade do carro igual a V , e a aceleração da gravidade local g , a força exercida pela pista sobre o carro, nesse ponto, pode ser calculada por

- a) $\frac{MV^2}{R} + Mg$
- b) $Mg - \frac{MV^2}{R}$
- c) $Mg - \frac{MR^2}{V}$
- d) $\frac{MR^2}{V} + mg$



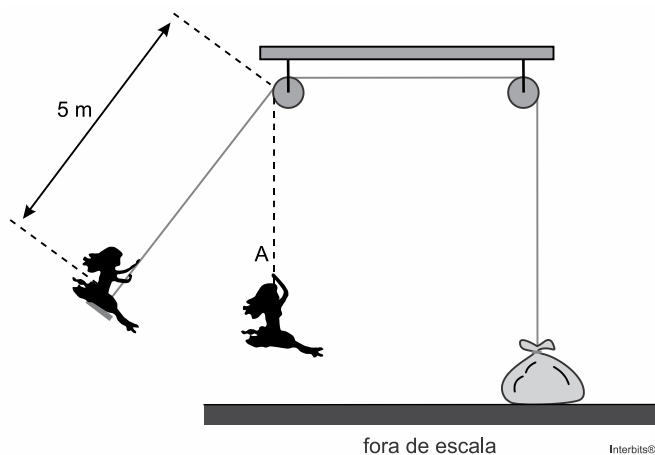
4) (Upe-ssa) Suponha que, em uma prova olímpica de ciclismo BMX, presente nos Jogos Olímpicos desde a Olimpíada de Pequim 2008, um atleta percorre um trecho de pista de corrida cujo corte lateral é mostrado na figura a seguir.



A partir desse corte, percebe-se que o atleta viaja por segmentos de pista retos e por semicírculos onde $R_D < R_B < R_E$. Se o atleta pedala e utiliza os freios de forma a ter velocidade constante no trecho mostrado, o ponto de maior intensidade da reação normal da pista sobre a bicicleta é

- A
- B
- C
- D
- E

5) (Unesp) - Uma garota de 50 kg está brincando em um balanço constituído de um assento e de uma corda ideal que tem uma de suas extremidades presa nesse assento e a outra, em um saco de areia de 66 kg que está apoiado, em repouso, sobre o piso horizontal. A corda passa por duas roldanas ideais fixas no teto e, enquanto oscila, a garota percorre uma trajetória circular contida em um plano vertical de modo que, ao passar pelo ponto A, a corda fica instantaneamente vertical.



Desprezando a resistência do ar e a massa do assento, considerando $g = 10 \text{ m/s}^2$ e as informações contidas na figura, a maior velocidade, em m/s , com a qual a garota pode passar pelo ponto A sem que o saco de areia perca contato com o solo é igual a

- 2.
- 5.
- 3.
- 4.
- 1.

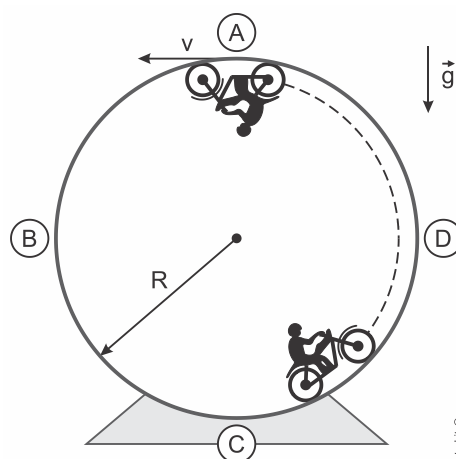
6) (ifce) Considere a figura a seguir, na qual é mostrado um piloto acrobata fazendo sua moto girar por dentro de um “globo da morte”.

Ao realizar o movimento de *loop* dentro do globo da morte (ou seja, percorrendo a trajetória ABCD mostrada acima), o piloto precisa manter uma velocidade mínima de sua moto para que a mesma não caia ao passar pelo ponto mais alto do globo (ponto “A”).

Nestas condições, a velocidade mínima “v” da moto, de forma que a mesma não caia ao passar pelo ponto “A”, dado que o globo da morte tem raio R de 3,60 m, é

(Considere a aceleração da gravidade com o valor $g = 10 \text{ m/s}^2$.)

- a) 6 km/h.
- b) 12 km/h.
- c) 21,6 km/h.
- d) 15 km/h.
- e) 18 km/h.

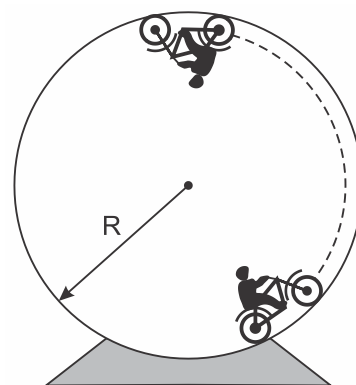


7) (cps) A apresentação de motociclistas dentro do globo da morte é sempre um momento empolgante de uma sessão de circo, pois ao atingir o ponto mais alto do globo, eles ficam de ponta cabeça. Para que, nesse momento, o motociclista não caia, é necessário que ele esteja a uma velocidade mínima (v) que se relaciona com o raio do globo (R) e a aceleração da gravidade (g) pela expressão: $v = \sqrt{R \cdot g}$, com R dado em metros.

Considere que no ponto mais alto de um globo da morte, um motociclista não caiu, pois estava com a velocidade mínima de 27 km/h. Assim sendo, o raio do globo é, aproximadamente, em metros,

Adote $g \cong 10 \text{ m/s}^2$

- a) 5,6.
- b) 6,3.
- c) 7,5.
- d) 8,2.
- e) 9,8.



(<http://tinyurl.com/globo-da-morte>
Acesso em: 15.09.2014. Original colorido)

8) (Pucrj) Um pêndulo é formado por um fio ideal de 10 cm de comprimento e uma massa de 20 g presa em sua extremidade livre. O pêndulo chega ao ponto mais baixo de sua trajetória com uma velocidade escalar de 2,0 m/s.

A tração no fio, em N, quando o pêndulo se encontra nesse ponto da trajetória é:

Considere: $g = 10 \text{ m/s}^2$

- a) 0,2
- b) 0,5
- c) 0,6
- d) 0,8
- e) 1,0

9) (Uece) Considere um carro de passeio de uma tonelada se deslocando a 108 km/h em uma rodovia. Em um dado instante, o carro se encontra no ponto mais alto de um trecho reto em subida. Para simplificar a descrição mecânica desse sistema, o carro pode ser tratado como uma massa puntiforme e a trajetória em torno do ponto mais alto pode ser aproximada por um arco de círculo de raio 100 m contido em um plano vertical. Em comparação com a situação em que o carro trafega por um trecho plano, é correto afirmar que, no ponto mais alto da trajetória, a força de atrito entre a pista e os pneus

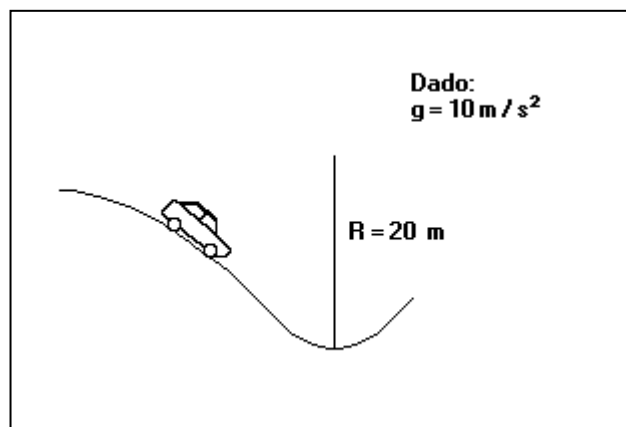
- a) é menor, pois a força normal da estrada sobre o carro é maior.
- b) é maior, pois a força normal da estrada sobre o carro é menor.
- c) é menor, pois a força normal da estrada sobre o carro é menor.
- d) é maior, pois a força normal da estrada sobre o carro é maior.

10) (Uel) Em uma estrada, um automóvel de 800 kg com velocidade constante de 72 km/h se aproxima de um fundo de vale, conforme esquema a seguir.

Dado: $g = 10 \text{ m/s}^2$

Sabendo que o raio de curvatura nesse fundo de vale é 20 m, a força de reação da estrada sobre o carro é, em newtons, aproximadamente,

- a) $2,4 \cdot 10^5$
- b) $2,4 \cdot 10^4$
- c) $1,6 \cdot 10^4$
- d) $8,0 \cdot 10^3$
- e) $1,6 \cdot 10^3$



11) (Ufes) A figura 01 a seguir representa uma esfera de massa m , em repouso, suspensa por um fio inextensível de massa desprezível. A figura 02 representa o mesmo conjunto oscilando como um pêndulo, no instante em que a esfera passa pelo ponto mais baixo de sua trajetória.

A respeito da tensão no fio e do peso da esfera respectivamente, no caso da Figura 01 (T_1 e P_1) e no caso da Figura 02

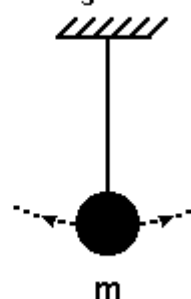
(T_2 e P_2), podemos dizer que

- a) $T_1 = T_2$ e $P_1 = P_2$
- b) $T_1 > T_2$ e $P_1 = P_2$
- c) $T_1 = T_2$ e $P_1 < P_2$
- d) $T_1 < T_2$ e $P_1 > P_2$
- e) $T_1 < T_2$ e $P_1 = P_2$

Figura 01



Figura 02



Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

1) $T = 30 \text{ N}$ 2) $v = \sqrt{g \cdot R}$ 3) a) $F_{cp} = 8000 \text{ N}$ b) $N' = 2000 \text{ N}$

Exercícios de Fixação:

- 1) c 2) d 3) b 4) b 5) d 6) c 7) a 8) e 9) c 10) b 11) e