

## Dinâmica

### Assunto: Movimentos Curvilíneos

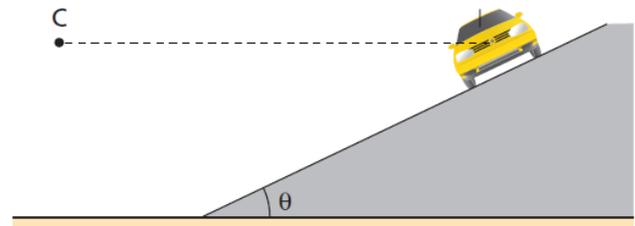
#### Aula 07 – Pista sobrelevada e Asa Delta

Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 07](#)

**Pista sobrelevada:** A pista sobrelevada ou inclinada, normalmente é usada em circuitos ovais de corrida. A inclinação ocorre nas curvas para aumentar a aderência do carro à pista, uma vez que em uma curva o carro estará sendo jogado para fora da curva pela “força centrífuga”, e a pista sendo elevada o carro estará sendo jogado de encontro a pista e não para fora dela, como no caso de uma pista horizontal. Quanto maior a inclinação maior poderá ser a velocidade do carro na curva.

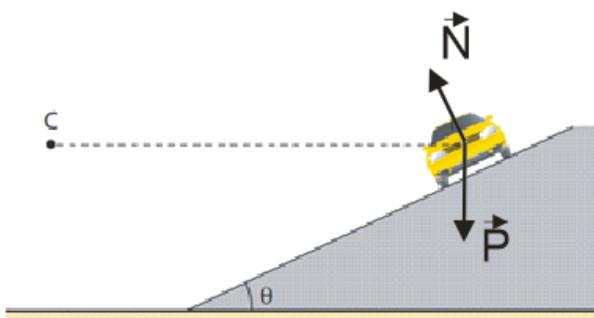


**Foto: Circuito Oval**

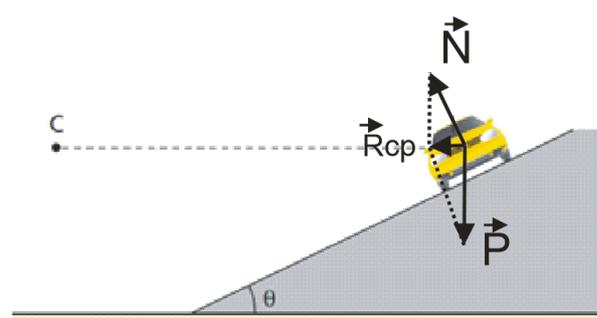


**Figura 1**

Na **figura 1**, temos um carro visto de frente sobre uma curva inclinada em um circuito oval. Este carro poderia fazer essa curva sem depender da força de atrito entre o pneu e o solo. Para isso, vamos representar na **Figura 2** as forças que agem no carro nesse caso, o peso e a normal.



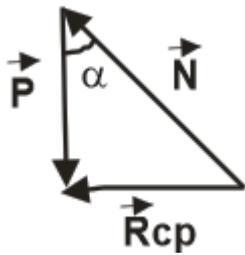
**Figura 2**



**Figura 3**

A resultante das forças peso e normal nos dará a resultante centrípeta que estará apontando para o centro da trajetória curva (**Figura 3**).

Aproveitando a **Figura 3**, vamos ver como você pode montar um esquema para desenvolver um exercício:



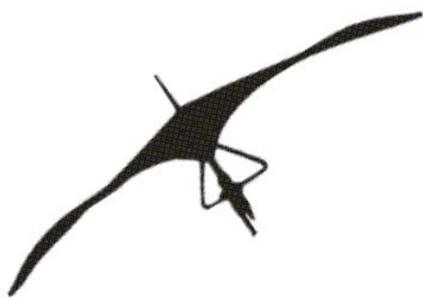
No esquema ao lado temos representado a normal, o peso e a resultante entre a normal e o peso, que é a resultante centrípeta. Dependendo do que é pedido e do que é dado no problema você poderá montar uma relação entre as forças ao lado. Por exemplo:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R_{cp}}{P} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot R}{m \cdot g} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg}}{R}}$$

Do estudo de mcv, você sabe que:  $v = \omega \cdot R$

Então você poderia continuar desenvolvendo, dependendo do que é pedido. O mesmo raciocínio você poderá usar para o desenvolvimento de problemas envolvendo a Asa Delta.

### Asa Delta:



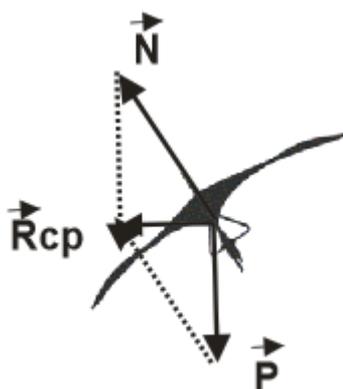
Na Asa Delta o piloto inclina a mesma para fazer uma curva. Estudando as forças que agem nela, teremos o seguinte:



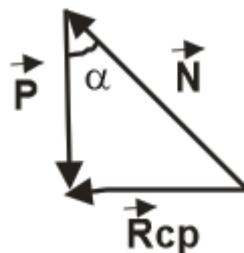
O peso que é a força que a Terra atrai o conjunto para baixo e a normal que é a força de sustentação da asa exercida pelo ar **Figura 4**.

**Figura 4**

A soma vetorial destas duas forças resultará na resultante centrípeta, que estará dirigida para o centro da curva **Figura 5**.



Algebricamente você terá o mesmo desenvolvimento que foi feito na pista sobrelevada.

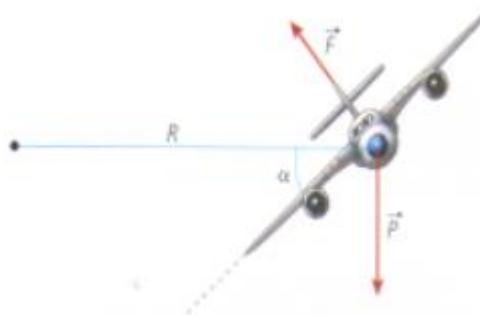


$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{R_{cp}}{P} \Rightarrow \operatorname{tg}\alpha = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot R}{m \cdot g} \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{g \cdot \operatorname{tg}}{R}}$$

**Figura 5**

### Exercício de aprendizagem:

1) Um avião descreve uma curva em uma trajetória circular com velocidade escalar constante, em um plano horizontal, como representado na figura.  $\mathbf{F}$  é a força de sustentação, perpendicular às asas,  $\mathbf{P}$  é a força peso,  $\alpha$  é o ângulo de inclinação ao plano horizontal e  $R$  é o raio da trajetória. Sabendo que  $\alpha = 45^\circ$ ,  $R = 1.000$  m e a massa do avião é  $m = 10.000$  kg, determine o módulo da velocidade do avião.

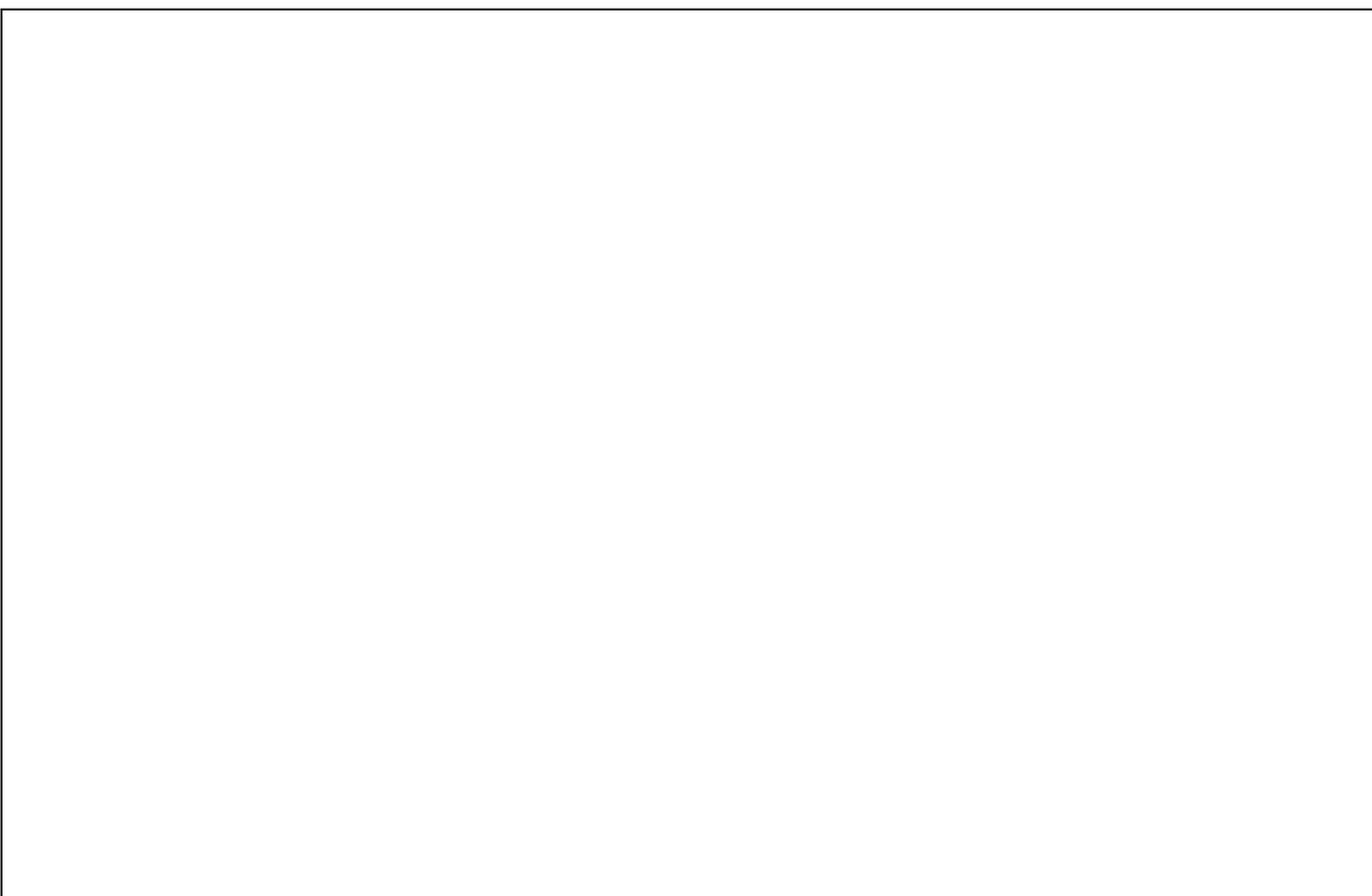


2) (Famerp\_modificada) - Em um autódromo, cuja pista tem 5.400 m de comprimento, há uma curva de raio 120 m, em superfície plana inclinada, na qual a borda externa é mais elevada que a interna, como mostra a figura. O ângulo de inclinação  $\theta$  é tal que  $\sin \theta = 0,60$ .

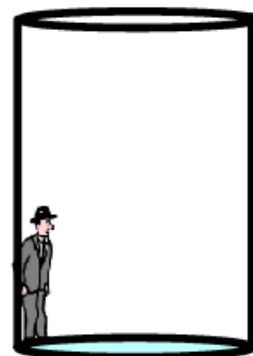


a) Supondo que um carro de competição desenvolva uma velocidade média de 216 km/h, determine o intervalo de tempo, em segundos, em que ele completa uma volta nessa pista.

b) Considere que a massa do carro seja igual a 600 kg que sua velocidade na curva inclinada seja 30 m/s, e que nessa velocidade, o carro não dependa da força de atrito para fazer a curva. Determine a intensidade da força normal, em newtons, aplicada pela pista sobre o carro, nessa curva.

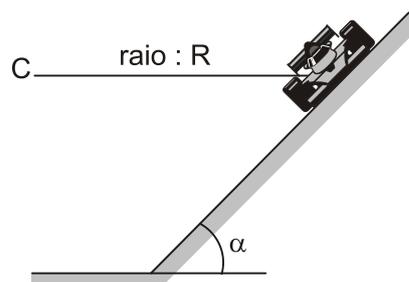


3) Um homem está apoiado contra a parede interior de um cilindro que gira com velocidade angular  $w$ . O coeficiente de atrito estático entre suas costas e a parede vale 0,5. A massa do homem é 100 kg e  $g = 10 \text{ m/s}^2$ . Qual deve ser o valor de  $w$  para que, ao retirarmos o piso, o homem não escorregue para baixo. Dado o raio do cilindro como  $R = 5\text{m}$ .



## Exercícios de Fixação:

1) (Unesp) 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  $\alpha$  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

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

2) Um carro deve fazer uma curva de raio 100 m numa pista plana e horizontal, com velocidade constante e igual a 72 km/h. Admitindo-se  $g = 10 \text{ m/s}^2$ , pergunta-se:

- qual o coeficiente de atrito para que o carro não saia da pista?
- a que ângulo  $\theta$  se deve elevar o leito da pista para que o carro possa fazer a mesma curva com velocidade constante de 144 km/h, independente do atrito?

3) (Mackenzie-SP) Admitamos que você esteja apoiado, em pé, sobre o fundo de um cilindro de 4 m de raio, que gira em torno do seu eixo vertical. Admitindo  $g = 10 \text{ m/s}^2$  e o coeficiente de atrito entre a sua roupa e a superfície do cilindro igual a 0,4. Determine a mínima velocidade tangencial que o cilindro deve ter para que, retirado o fundo do mesmo, você fique “preso” à parede dele?

4) Um automóvel, de dimensões desprezíveis e de massa 1000 kg, percorre com velocidade escalar constante de 10 m/s uma circunferência de raio 100 m, contida num plano horizontal. Mas na realidade esse movimento ocorre numa pista sobrelevada, isto é, a margem externa é mais elevada que a margem interna. Determine o ângulo  $\theta$  de sobrelevação da pista com a horizontal para que o automóvel consiga efetuar a curva independentemente da força de atrito. É dado  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

5) Uma Asa Delta desloca-se com uma velocidade escalar de 36 km/h. Ao inclinar a mesma segundo um ângulo de  $30^\circ$ , mantendo-se a mesma velocidade escalar, a mesma fará uma curva circular. Determine o raio da curva. (adote  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ,  $\sqrt{3} = 1,7$ )

## Respostas:

### Exercícios de aprendizagem:

1) 100 m/s = 360 km/h    2) a) 90 s    b) 7500 N    3)  $\omega = 2 \text{ rad/s}$

### Exercícios de Fixação:

1) d    2) a)  $\mu = 0,4$     b)  $\theta = \text{arc tg } 1,6$  ou  $\theta \cong 58^\circ$     3)  $v = 10 \text{ m/s}$     4)  $\theta = \text{arc tg } 0,10$   
 5)  $R \cong 17,6 \text{ m}$  (lembre-se que  $\text{tg } 30^\circ = \sqrt{3}/3$ )