

TEXTO DE REVISÃO 16 – Força de Atrito e Força centrípeta..

- 1) - **Força de atrito:** Seja **A** um bloco inicialmente em repouso sobre um plano e apliquemos a esse corpo a força **F**, como se vê na figura. Verificamos que mesmo tendo sido aplicada ao corpo uma força, esse corpo não se moverá.



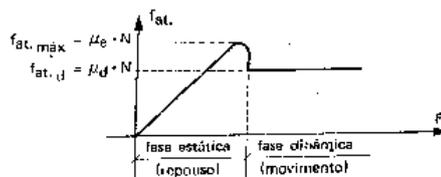
Se isso ocorre, concluímos que sobre o mesmo estará agindo outra força, de mesmo módulo e em sentido oposto a **F** (figura ao lado). A essa força denominaremos força de atrito **F_{at}**. Podemos, a seguir, aumentar gradativamente o valor da força **F**, a intensidade da força de atrito também aumentou, de tal forma que a resultante das forças atuantes no bloco continuasse nula.

Mas a prática nos mostra que, a partir de um determinado momento, o bloco passa a se deslocar no sentido da força **F**. A interpretação desse fenômeno é a seguinte: Embora a intensidade da força de atrito possa aumentar à medida que aumentamos a intensidade da força solicitante **F**, a força de atrito atinge um determinado valor máximo; a partir desse momento, a tendência do bloco é sair do repouso.

O valor máximo atingido pela força de atrito na fase estática é diretamente proporcional à intensidade da reação normal **N** do bloco. Esse resultado, experimental, pode ser expresso na forma:

$$F_{at.est.} = \mu_e \cdot N$$

Nesta expressão, μ_e é o coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície. Uma vez atingido o valor máximo da força de atrito, se aumentarmos a intensidade da força **F**, o corpo entrará em movimento acelerado, no sentido de **F**. Nessa segunda fase, denominada dinâmica, a intensidade da força de atrito será menor que o valor máximo da força de atrito estático e seu valor poderá ser considerado constante para facilitar a resolução de problemas. Caso o examinador, ao se referir à existência de atrito entre duas superfícies, não faça referência explícita ao coeficiente de atrito dinâmico ou estático, deveremos considerar $\mu_e = \mu_d$. O gráfico abaixo nos dará uma idéia aproximada de como esta força age.

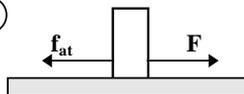


obs. A força de atrito (estático ou dinâmico) não depende da área de contato entre as superfícies. Assim nas figuras abaixo, onde os dois blocos são idênticos e **F** também, as força de atrito tanto em 1 como em 2, são iguais, apesar de as superfícies em contato serem diferentes.

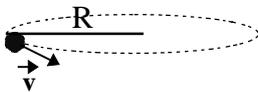
Ⓘ



Ⓜ



- 2) - **Força centrípeta e força tangencial:** Considere um corpo de massa **m**, descrevendo uma circunferência de raio **R**, com movimento não uniforme.



Sabemos que a velocidade do corpo é um vetor que, em cada instante, é tangente à trajetória e que, no movimento circular não uniforme, o corpo está sujeito a duas acelerações.

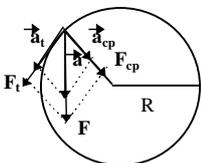
\vec{a}_t = aceleração tangencial

\vec{a}_{cp} = aceleração centrípeta

onde $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_{cp}$ sendo \vec{a} = aceleração total (resultante)

Pelo princípio fundamental da Dinâmica, as acelerações que atuam no corpo devem ter a mesma direção e o mesmo sentido da força. Existem, portanto, forças perpendiculares à trajetória e forças tangentes à trajetória.

A força resultante que tem a mesma direção e o mesmo sentido da aceleração centrípeta, isto é, dirigida para o centro da curva, é denominada força centrípeta (**F_{cp}**), e a que tem a mesma direção e o mesmo sentido da aceleração tangencial, isto é, tangente à trajetória, é denominada força tangencial (**F_t**).



A força centrípeta pode ser expressa da seguinte maneira:

$$F_{cp} = m \cdot a_{cp} \quad \text{ou} \quad F_{cp} = m \cdot v^2/R = m \omega^2 R$$

Observação:

- A força tangencial tem a função de variar o módulo do vetor velocidade, isto é, produz aceleração tangencial.
- A força centrípeta tem a função de variar a direção do vetor velocidade, obrigando o corpo a descrever uma trajetória curva.

Por exemplo a força que mantém a Lua em órbita é uma força de origem gravitacional exercida pela Terra. Tal força é centrípeta, isto é, dirigida para o centro da Terra.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:

1) Uma partícula de massa igual a 2 kg descreve MCU com velocidade de 4 m/s. Sabendo-se que o raio da trajetória é 2 m, calcule o valor da F_{cp} .
R: $F_{cp} = 16 \text{ N}$

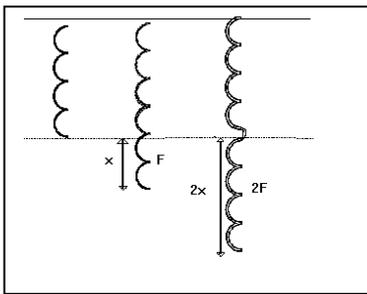
2) Se a partícula do exercício anterior estivesse descrevendo MCUV com aceleração tangencial de 8 m/s^2 , qual seria o módulo da força resultante que atua na partícula?
R: $F_R = 16\sqrt{2} \text{ N}$

3) 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.
R: $T = 30 \text{ N}$

4) 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

$$v_{\min} = \sqrt{Rg}$$

- **3) - Força elástica - Lei de Hooke:** Considere a mola abaixo em sua posição de equilíbrio. O que acontecerá se ela sofrer um deslocamento x ?



É de fácil aceitação que ela reagirá a esse movimento exercendo uma determinada força F que atua em sentido contrário ao deslocamento. O cientista Robert Hooke verificou que se deslocarmos a mola em $2x$ de sua posição original, a força deixa de ser F e passa a ser $2F$. Portanto: **A força exercida por uma mola é proporcional ao deslocamento que ela sofre.**

Em termos matemáticos, temos:

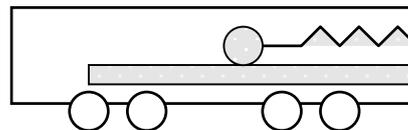
$$F = K x$$

(LEI DE HOOKE)

Onde K é chamado constante elástica da mola e é um número que depende da mola usada em nossa experiência.

EXERCÍCIOS DE APRENDIZAGEM:

5) Um trem desloca-se em linha reta com aceleração constante de 2 m/s^2 . No interior de um vagão encontra-se uma mesa plana, horizontal, sobre a qual apoia-se uma esfera de aço de massa igual a 0,5 kg presa a uma mola cuja outra extremidade está presa ao vagão. Desprezando-se os atritos, o observador mede 14 cm para o comprimento da mola, cujo comprimento natural (quando o trem estava em repouso) era 10 cm. Determine a constante elástica da mola, em N/m.

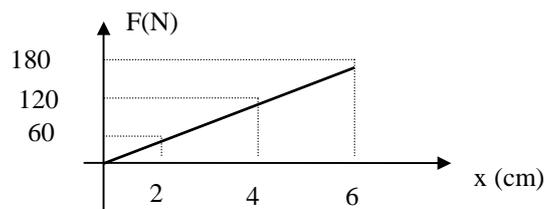


R: $K = 25 \text{ N/m}$

6) Uma mola é pendurada em um teto e nela pendura-se um corpo de massa 10 kg. Sabendo-se que o corpo deslocou a mola em 20 cm de sua posição de equilíbrio, qual a constante elástica da mola?
R: $K = 500 \text{ N/m}$

7) Uma mola é submetida à ação de uma força de tração. O gráfico da figura indicada o módulo da força tensora F em função da deformação x. Determine:

- a constante elástica da mola;
- a deformação quando $F = 270 \text{ N}$.



R: $K = 30 \text{ N/cm}$ e $x = 9 \text{ cm}$

EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO:

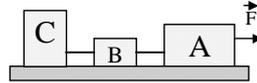
01) Submete-se um corpo de massa 5000 kg à ação de uma força constante que lhe imprime, a partir do repouso, uma velocidade de 72 km/h ao fim de 40s. Determine a intensidade da força e o espaço percorrido pelo corpo. Resp.: 01) $F = 2.500 \text{ N}$

02) Uma força horizontal de 10N é aplicada ao bloco A, de 6 kg o qual por sua vez está apoiado em um segundo bloco B de 4 kg. Se os blocos deslizam sobre um plano horizontal sem atrito, qual a força em newtons que um bloco exerce sobre o outro? Resp.: 02) 4N



03) Três blocos A, B e C, de massas $m_A = 5 \text{ kg}$, $m_B = 3 \text{ kg}$ e $m_C = 4 \text{ kg}$ estão sobre uma superfície horizontal sem atrito e presos um ao outro por meio de cordas inextensíveis e de massas desprezíveis, como mostra a figura. No cabo A é aplicada uma força de 60N, horizontal e de módulo constante. Determine:

- a) a aceleração do bloco B;
 b) a tração na corda que liga A a B;
 c) a tração na corda que liga B a C.



Resp.:03) a) 5 m/s^2 b) 35N c) 20N

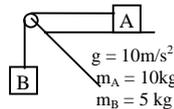
04) Determine a força tensora no cabo que sustenta a cabine de um elevador, de 500 kg, quando o elevador: adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- a) sobe com velocidade constante; b) sobe com aceleração de 2 m/s^2 ;
 c) sobe com movimento uniformemente retardado de aceleração de 2 m/s^2 ;
 d) desce com movimento uniformemente retardado de aceleração 2 m/s^2 .

Resp.: 04) a) 5 000N b) 6 000N c) 4 000N d) 6 000N

5) Para o sistema abaixo o coeficiente de atrito (estático ou cinético) entre o bloco A e a superfície horizontal é 0,2. Calcule a aceleração do sistema e a tração na corda.

Resp.: 5) 2 m/s^2 e 40N



6) Deslizando por um plano inclinado de 37° , uma moeda ($m = 10 \text{ g}$) possui aceleração de $4,4 \text{ m/s}^2$ ($\text{sen } 37^\circ = 0,60$, $\text{cos } 37^\circ = 0,80$). Adotar $g = 10 \text{ m/s}^2$. Determinar a força de atrito exercida na moeda. Resp.: 6) $F_A = 0,016 \text{ N}$

07) Um corpo de peso 300N se encontra parado sobre um plano horizontal onde existe atrito. Sabendo-se que o coeficiente de atrito estático entre o bloco e o chão é 0,5, calcule a força mínima que se deve imprimir ao bloco para coloca-lo em movimento. Resp.: 07) $F = 150 \text{ N}$

08) 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. Resp.: 08) $T = 4 \text{ N}$

9) Uma partícula de massa igual a 2 kg descreve MCU com velocidade de 4 m/s. Sabendo-se que o raio da trajetória é 2 m, calcule o valor da F_{cp} . R: $F_{cp} = 16 \text{ N}$

10) Se a partícula do exercício anterior estivesse descrevendo MCUV com aceleração tangencial de 8 m/s^2 , qual seria o módulo da força resultante que atua na partícula? R: $F_R = 16\sqrt{2} \text{ N}$

11) 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. R: $T = 30 \text{ N}$

12) 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

$$v_{\min} = \sqrt{Rg}$$

Referência: Para disponibilizar este texto utilizei como fonte a página: <http://sites.uol.com.br/helderjf>
 Elaborada pelo Prof. Hélder Matos de Medeiros