

FRENTE: FÍSICA I

PROFESSOR(A): TADEU CARVALHO

ASSUNTO: FORÇA DE ATRITO

EAD – ITA/IME

AULAS 30 A 32



Resumo Teórico

Introdução

A força de atrito receberá uma atenção especial, pois ela possui algumas particularidades. Primeiramente, ela pode ser de diversas "naturezas": de deslignamento (nosso interesse), de rolamento, de pivotamento, de cordas.

Nossa discussão aqui irá se deter ao atrito de deslignamento, que poderá ser de 2 tipos: estático (fat_E) e dinâmico ou cinético (fat_C).

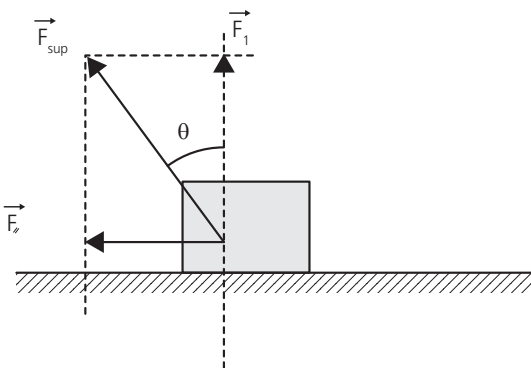
Na literatura mais especializada, fala-se em algumas "leis gerais" do atrito, que não são exatas, mas podem ser aplicadas dentro de alguns limites, fazendo com que essas "leis" estejam mais para "orientações", cuja finalidade é simplificar e coordenar o estudo sobre o problema do atrito de deslignamento.

Essa "leis gerais" são:

1. O atrito é proporcional à resultante das ações normais entre as superfícies de contato.
2. O atrito independe da área das superfícies em contato.
3. O atrito é independente das velocidades relativas dos corpos.
4. O atrito estático é geralmente maior que o atrito cinético.

É importante perceber que a força de atrito e a força normal são, na verdade, duas componentes de uma mesma força: a força exercida pela superfície no bloco.

Veja a figura.



Note que:

$$\vec{F}_{sup} = \vec{F}_{//} + \vec{F}_1$$

onde $\begin{cases} F_{//} \rightarrow \text{Atrito (fat)} \\ F_1 \rightarrow \text{Normal (N)} \end{cases}$

Ainda podemos escrever que:

$$\boxed{\text{tg } \theta = \frac{F_{//}}{F_1}} \quad \text{ou} \quad \boxed{\text{tg } \theta = \frac{\text{fat}}{N}}$$

Perceba que, assim, a relação de proporcionalidade entre o atrito e a normal é a tangente de um ângulo conhecido como ângulo de atrito, e está de acordo com a 1ª lei do atrito.

No caso do atrito cinético (quando há movimento relativo entre as superfícies em contato), esse ângulo pode ser considerado constante e sua tangente será chamada de coeficiente de atrito cinético (μ_C), logo:

$$\text{tg } \theta = \mu_C \rightarrow \mu_C = \frac{\text{fat}_C}{N}$$

$$\boxed{\text{fat}_C = \mu_C \cdot N}$$

No caso do atrito estático (quando não há movimento relativo entre as superfícies em contato), esse ângulo é variável, podendo ir de zero até um valor máximo ($\theta_{máx}$), nesse caso, a tangente de $\theta_{máx}$ será chamada de coeficiente de atrito estático (μ_E),

logo: $\text{tg } \theta_{máx} = \mu_E$, mas $\text{tg } \theta \leq \text{tg } \theta_{máx}$

$$\frac{\text{fat}_E}{N} \leq \mu_E \rightarrow \boxed{\text{fat}_E \leq \mu_E \cdot N}$$

Essa última expressão mostra que o valor do atrito estático só é conhecido quando ele atinge seu valor máximo (atrito de destaque),

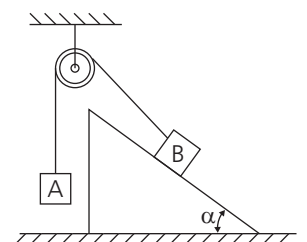
onde $\boxed{\text{fat}_{Emáx} = \mu_E \cdot N}$, assumindo esse valor quando o corpo está na iminência de deslignar, nos demais casos, o valor do atrito estático se ajusta à sollicitação externa de movimento, valor esse justamente necessário para manter o equilíbrio (em relação à superfície).



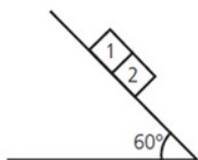
Exercícios

01. Na figura abaixo, os dois blocos A e B têm massas iguais. O menor valor dos coeficientes de atrito estático entre o plano inclinado de α e o bloco B, para que o sistema não escorregue, é:

- A) $\frac{1 - \text{sen } \alpha}{\text{cos } \alpha}$
- B) $\frac{1 - \text{cos } \alpha}{\text{sen } \alpha}$
- C) $\text{tg } \alpha$
- D) $\text{cotg } \alpha$
- E) $\text{cossec } \alpha$



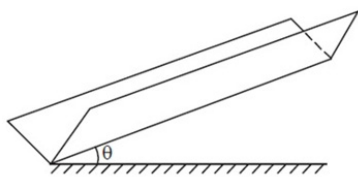
02. Dois corpos de massas iguais a 4 kg são colocados sobre um plano inclinado cujo ângulo de inclinação é 60° . O coeficiente de atrito do corpo superior é $\mu_1 = 0,1$ e do corpo inferior $\mu_2 = 1$. Determine o valor da força de interação entre os corpos, quando ambos deslizam juntos pelo plano inclinado.



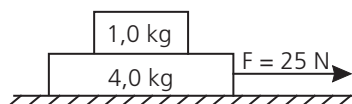
03. Um móvel se desloca com movimento retilíneo e uniforme sobre uma superfície horizontal, sob a ação de uma força de intensidade 30 N, paralela ao plano. Quando a intensidade da força é duplicada, o móvel adquire aceleração de intensidade igual a $2,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Sendo $g = 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ e supondo que o coeficiente de atrito cinético entre o corpo e a superfície seja constante, o seu valor é:

- A) 0,25
 B) 0,20
 C) 0,28
 D) 0,15
 E) 0,32
04. Considere um automóvel com tração dianteira movendo-se aceleradamente para a frente. As rodas dianteiras e traseiras sofrem forças de atrito respectivamente para:
- A) frente e frente.
 B) frente e trás.
 C) trás e frente.
 D) trás e trás.
 E) frente e não sofrem atrito.
05. Um bloco de massa m escorrega em uma calha cujos bordos formam ângulos de 90° . Se o coeficiente de atrito cinético entre o bloco e o material que constitui a calha é μ_c , determine a aceleração do bloco.

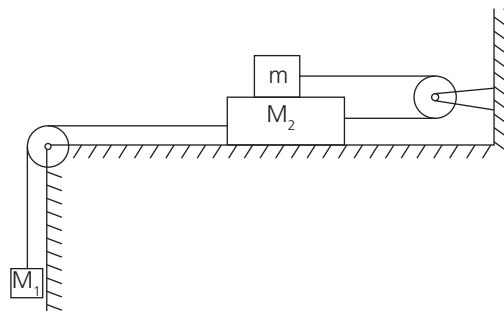


06. Um bloco de 1,0 kg está sobre outro de 4,0kg, que repousa sobre uma mesa lisa. Os coeficientes de atrito estático e cinemático entre os blocos valem 0,60 e 0,40. A força F aplicada ao bloco de 4,0 kg é de 25N e a aceleração da gravidade no local é aproximadamente igual a 10 m/s^2 . A força de atrito que atua sobre o bloco de 4,0 kg tem a intensidade de:



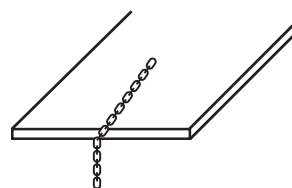
- A) 5,0 N
 B) 4,0 N
 C) 3,0 N
 D) 2,0 N
 E) 1,0 N

07. A figura a seguir representa uma mesa horizontal, de coeficiente de atrito cinético μ_1 , sobre a qual se apoia o bloco de massa M_2 . Sobre ele está apoiado o objeto de massa m , sendo μ o coeficiente de atrito cinético entre eles. M_2 e m estão ligados por cabos horizontais esticados, de massas desprezíveis, que passam por uma roldana de massa desprezível. Desprezando-se a resistência do ar e o atrito nas roldanas, podemos afirmar que m se deslocará com velocidade constante em relação a um observador fixo na mesa de M_1 se for tal que:



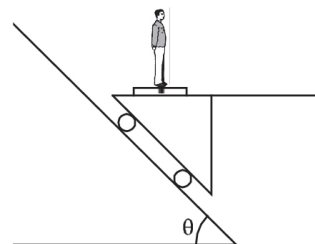
- A) $M_1 = \mu m$
 B) $M_1 = \mu_1(M_2 + m) + 2\mu m$
 C) $M_1 = \mu_1 M_2 + \mu m$
 D) $M_1 = 2\mu m + 2\mu_1(M_2 + m)$
 E) $M_1 = \mu_1(M_2 + m)$

08. Uma fina corrente metálica se encontra parcialmente dependurada de uma mesa, como mostra a figura. Se o coeficiente de atrito estático entre a corrente e a mesa for μ , qual é a fração mínima do comprimento da corrente que deve ser mantida sobre a mesa para que a corrente não escorregue?



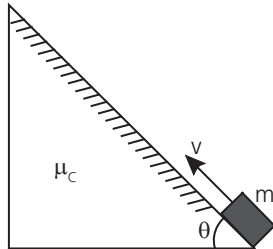
- A) $\frac{1}{(\mu + 1)}$
 B) $\frac{\mu}{(\mu + 1)}$
 C) $\frac{\mu}{(1 - \mu)}$
 D) $\frac{1}{(1 - \mu)}$
 E) $\frac{(1 - \mu)}{(\mu + 1)}$

09. Um indivíduo de massa $m = 50 \text{ kg}$ está sobre uma balança de mola, a qual está fixa em um carrinho B, que desce por uma rampa sem atrito, como mostra a figura. São dados $g = 10 \text{ m/s}^2$ e $\text{sen } \theta = 0,20$. Determine a marcação da balança dividida por dez, supondo seu mostrador calibrado em Newtons.



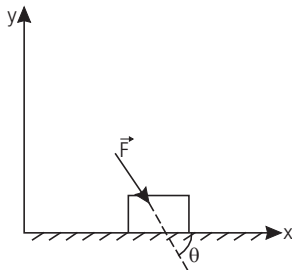
10. Um bloco de massa m é lançado de baixo para cima, ao longo de um plano inclinado.

O coeficiente de atrito cinético entre o plano e o bloco é $\mu_c = 0,5$ e o ângulo de inclinação do plano, $\theta = 45^\circ$, é suficiente para permitir o deslizamento do bloco de volta ao ponto de lançamento. Sendo t_s o tempo de subida e t_d o tempo de descida do bloco, tem-se a seguinte relação:



- A) $\frac{t_d}{t_s} = 1$
- B) $\frac{t_d}{t_s} = 3$
- C) $\frac{t_d}{t_s} = \sqrt{3}$
- D) $\frac{t_d}{t_s} = \frac{1}{3}$
- E) $\frac{t_d}{t_s} = \frac{1}{\sqrt{3}}$

11. Um bloco de peso P repousa sobre uma superfície horizontal. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a superfície é μ . Empurra-se o bloco com uma força F , que forma um ângulo θ com a horizontal. Estabeleça uma expressão para o ângulo θ além do qual não é possível mover o bloco, por maior que seja o valor de F .



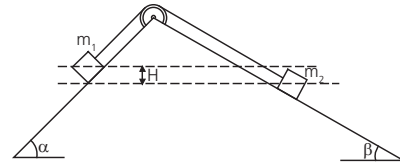
12. De um ponto O , através de canais situados num plano vertical, que formam diferentes ângulos com a vertical, simultaneamente começam a deslizar grãos de areia.

O lugar geométrico dos pontos, nos quais se encontram os grãos de areia, é uma circunferência com centro que varia de posição com o tempo T .

Se o coeficiente de atrito entre um grão e o canal é μ , o raio da circunferência no tempo T é:

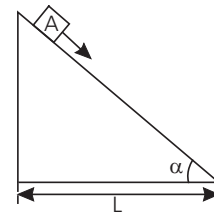
- A) $R = \frac{gt^2}{4} \cdot \infty$
- B) $R = gt^2 \cdot \mu^2$
- C) $R = \frac{gt^2}{4} \sqrt{1 + \mu^2}$
- D) $R = gt^2 \sqrt{1 + \mu^2}$
- E) $R = \frac{gt^2}{4} (1 + \mu^2)$

13. Duas cargas com massas M_1 e M_2 estão ligadas através de uma corda que passa por uma roldana. Os planos, nos quais se encontram as cargas, formam, com o plano horizontal, ângulos α e β . A carga da direita encontra-se em um nível inferior à carga da esquerda, em uma grandeza igual a H metros. Decorrido 1 s, depois de iniciado o movimento, ambas as cargas encontram-se à mesma altura. Os coeficientes de atrito são iguais a μ (entre as cargas e os planos).

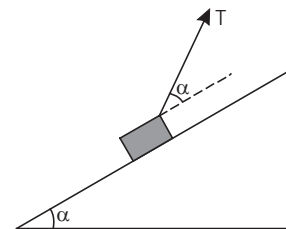


Determine o valor da relação $\frac{M_1}{M_2}$.

14. Um pequeno corpo A começa a deslizar a partir do vértice de uma cunha de base L . O coeficiente de atrito entre o corpo e a superfície da cunha é $\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}$. Determine o valor de α para que o tempo de deslizamento seja o mínimo.



15. Em um plano inclinado, que forma um ângulo α com a horizontal, arrasta-se através de um fio, à velocidade constante para cima, um corpo de massa m .



O coeficiente de atrito entre o corpo e o plano é $\mu = 1$. Determine o valor de β que deve formar o fio com o plano inclinado, a fim de que a tensão no mesmo seja mínima.

Resolução

01	02	03	04	05
A	*	B	B	*
06	07	08	09	10
A	B	*	*	*
11	12	13	14	15
*	C	*	*	*

02. 8,8 N

05. $a = g(\sin\theta - \sqrt{2}\mu \cos\theta)$

08. $f = \frac{1}{1+\mu}$

09. Resolução com o professor.

10. $\frac{t_d}{t_s} = \sqrt{3}$

11. $\theta = 90 - \arctg(\mu)$

13. $\frac{m_1}{m_2} = \frac{2H + g(\sin\alpha + \sin\beta)(\sin\beta + \mu \cos\beta)}{g(\sin\alpha + \sin\beta)(\sin\alpha - \mu \cos\alpha) - 2H}$

14. $\alpha = \frac{\pi}{3}$

15. $\beta = 45^\circ$