MECÂNICA

Dinâmica – Atrito e plano inclinado

1- INTRODUÇÃO

Quando nós temos, por exemplo, duas superfícies em contato em que há a propensão de uma deslizar sobre a outra, podemos observar aí, a aparição de forças tangentes a estas superfícies, formando um par ação e reação, que serão denominadas forças de atrito. A força de atrito pode ser **estática**, de **destaque** (estática máxima) e **dinâmica** ou **cinética**.

A expressão matemática que permite determinar a força de atrito é:

$$\vec{f}_{at} = \mu.\vec{N}$$

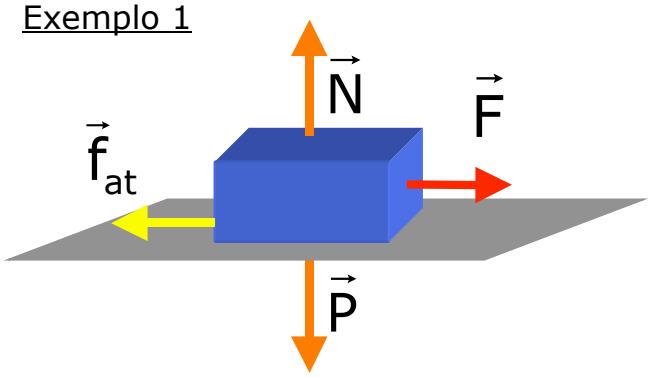
Da expressão temos $\vec{N}$ que é a força normal e μ que é o coeficiente de atrito.

A força normal é a força trocada entre as superfícies que estão em contato e é perpendicular a elas. Para você entender melhor, a força normal é a força que você sentiria se estivesse entre estas superfícies.

O coeficiente de atrito depende do estado de aspereza das superfícies de contato.

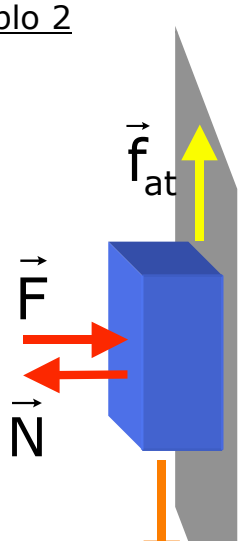
Veja alguns exemplos de como determinar a força normal.

Exemplo 1



$$|\vec{N}| = |\vec{P}|$$

Exemplo 2



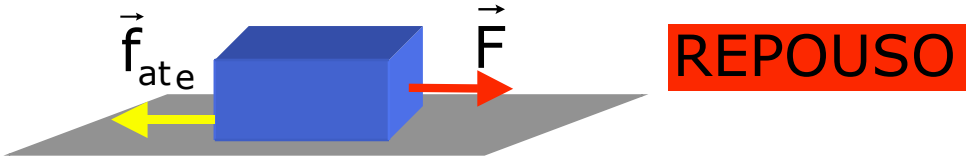
$$|\vec{N}| = |\vec{F}|$$

$\vec{P}$

2- FORÇA DE ATRITO ESTÁTICA

A **força de atrito estática** atua no corpo enquanto ela equilibra a força motriz, ou seja, enquanto o corpo permanece parado.

Imagine um corpo apoiado em uma superfície horizontal, sendo solicitado por uma força motriz também horizontal, tentando puxá-lo para a direita. Se não houver deslocamento do corpo em relação à superfície, é devido à ação da força de atrito, que neste caso, é estática e está equilibrando a força motriz.



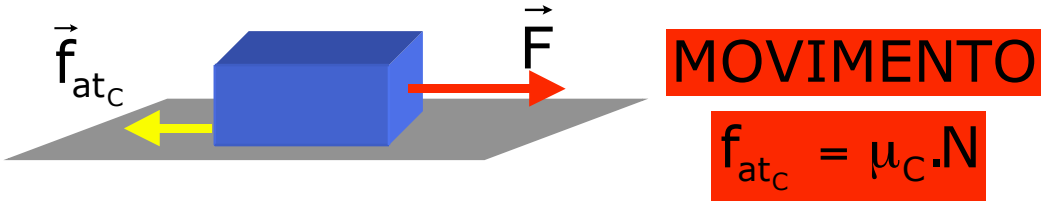
A **força de atrito** é função da **força motriz**. Enquanto a força motriz aumenta, a força de atrito também aumenta até atingir o seu valor de destaque.

A **força de atrito estática** será chamada de **força de atrito de destaque**, quando o corpo estiver na iminência de movimento. Neste momento o **atrito estático** assume o seu **valor máximo**.

3- FORÇA DE ATRITO DINÂMICA

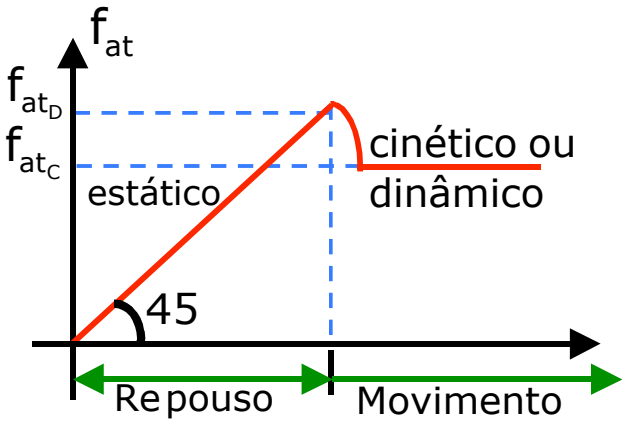
A **força de atrito dinâmica ou cinética** atua no corpo quando o corpo entrar em movimento.

Aquele corpo apoiado na superfície horizontal, agora começa a se movimentar e neste momento o atrito passa a ser o dinâmico ou cinético. Veja então, que a força motriz agora superou a força de atrito de destaque.



4- RELAÇÃO GRÁFICA

Podemos construir um gráfico para observar como varia a **força de atrito** com o aumento da força motriz.



Note que a **força de atrito cinética** é menor que a **força de atrito de destaque,** o que se deve ao fato de o contato entre o corpo e a superfície de apoio diminuir com o aumento da velocidade do corpo. Em alguns casos os atritos estático e cinético serão considerados iguais. Daí temos:

$$\mu_e \geq \mu_C$$

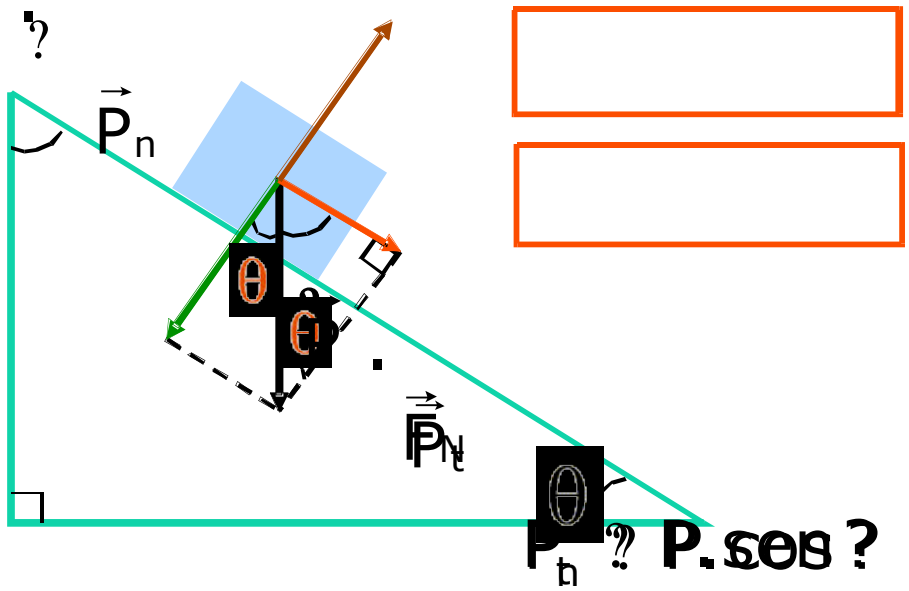
Observe ainda pelo gráfico que:

$$\text{Se } F \leq f_{at_D} \Rightarrow f_{at} = F \text{ (Repouso)}$$

$$\text{Se } F \rangle f_{at_D} \Rightarrow f_{at} = f_{at_C} \text{ (Movimento)}$$

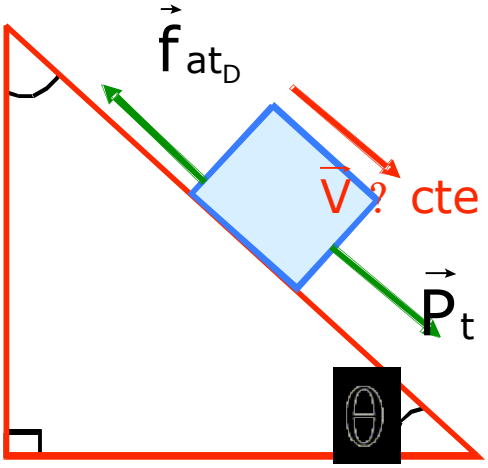
5- PLANO INCLINADO

Vamos considerar um plano inclinado de um ângulo θ em relação ao plano horizontal e sobre ele um corpo apoiado. Veja que a tendência é que este corpo escorregue plano abaixo.



6- ÂNGULO CRÍTICO DE ATRITO

Movimento retilíneo e uniforme



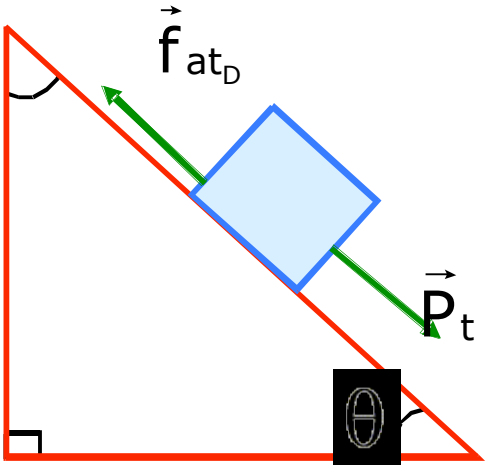
$P.\text{sen}\,? \; ? \; ?_C.P.\cos ?$

$P.\text{sen}\,? \; ? \; ?.N$

$??_C \; ?? \; \frac{\text{sen}\,?}{\text{tg}\,?}$

$P_t \; ? \; \frac{\text{cos}\,?}{\text{cos}\,?}$

Iminência de movimento



$P.\text{sen}\,? \; ? \; ?_e.P.\cos ?$

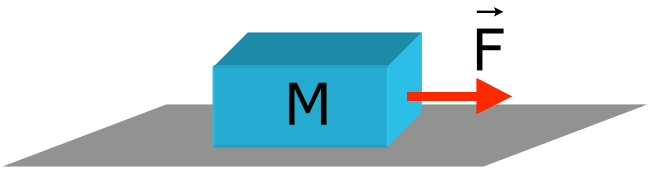
$P.\text{sen}\,? \; ? \; ?.N$

$??_e \; ?? \; \frac{\text{sen}\,?}{\text{tg}\,?}$

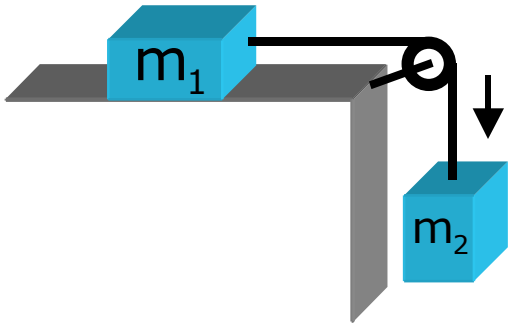
$P_t \; ? \; \frac{\text{cos}\,?}{\text{cos}\,?}$

EXERCÍCIOS

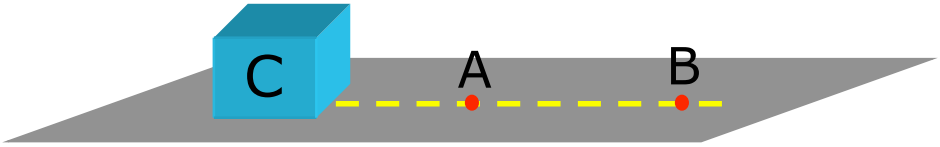
1. (UFC) – o bloco, da figura abaixo, tem massa M=10 kg e repousa sobre uma superfície horizontal. Os coeficientes de atrito estático e cinético, entre o bloco e a superfície, são μ_e=0,40 e μ_C=0,30, respectivamente. Aplicando-se ao bloco uma força horizontal constante de intensidade F=20N, determine a intensidade da força de atrito que atua sobre ele.
(considere g=10m/s^2 e despreze o efeito do ar)



2. (UFPR) – No sistema representado na figura abaixo, o corpo de massa m_2=8,1kg desce com velocidade constante. O coeficiente de atrito cinético entre o corpo de massa m_1 e a superfície horizontal é 0,30. Determine, em quilogramas, o valor de m_1.



3. (EFEI) – Um cubo C de massa m=2,00 kg desliza sobre uma mesa, com atrito, na direção e sentido A_B da figura. Sua velocidade escalar quando passa por A é de 5,0m/s e se anula quando chega em B. desprezando-se a resistência do ar e adotando-se g=10,0m/s^2, calcule o coeficiente de atrito μ, sabendo-se que a distancia entre A e B é de 2,5m.

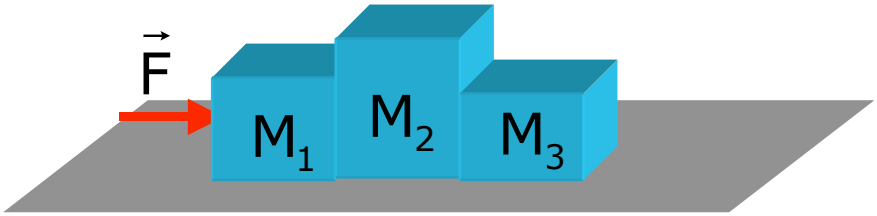


4. (UNICAMP) – Um caminhão transporta um bloco de ferro de 3,0t, trafegando horizontalmente e em linha reta, com velocidade constante. O motorista vê o sinal (semáforo) ficar vermelho e aciona os freios, adquirindo uma aceleração constante de módulo 3,0m/s^2. O bloco não escorrega. O coeficiente de atrito estático entre o bloco e a carroceria é 0,40. Adote g=10m/s^2.

a) Qual a intensidade da força de atrito que a carroceria aplica sobre o bloco, durante a freada?

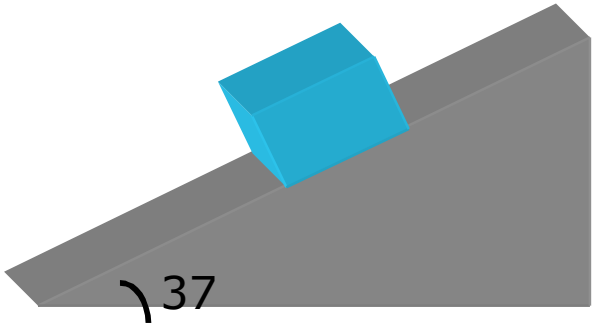
b) Qual é a máxima aceleração (em módulo) que o caminhão pode ter para o bloco não escorregar?

5. (ITA) – A figura abaixo representa três blocos de massas M_1=1,00kg, M_2=2,50kg, M_3=0,50kg, respectivamente. Entre os blocos e o piso que os apóia existe atrito, cujos coeficientes cinético e estático são, respectivamente, 0,10 e 0, 15, e a aceleração da gravidade igual a 10,0m/s^2. Despreze o efeito do ar. Se ao bloco M_1 for aplicada uma força F horizontal de intensidade 10,0N, pode-se afirmar que a força que o bloco 2 aplica sobre o bloco 3 tem intensidade igual a:

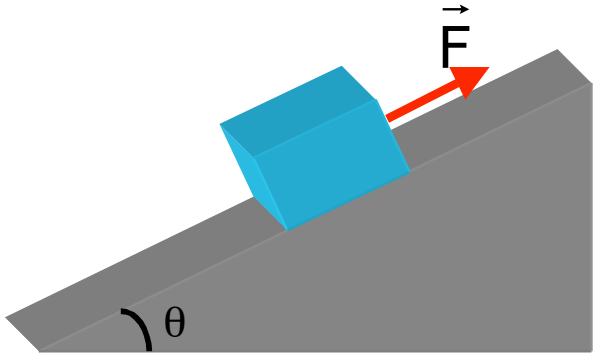


a) 0,25N b) 10,00N c) 2,86N
d) 1,25N e) 0,75N

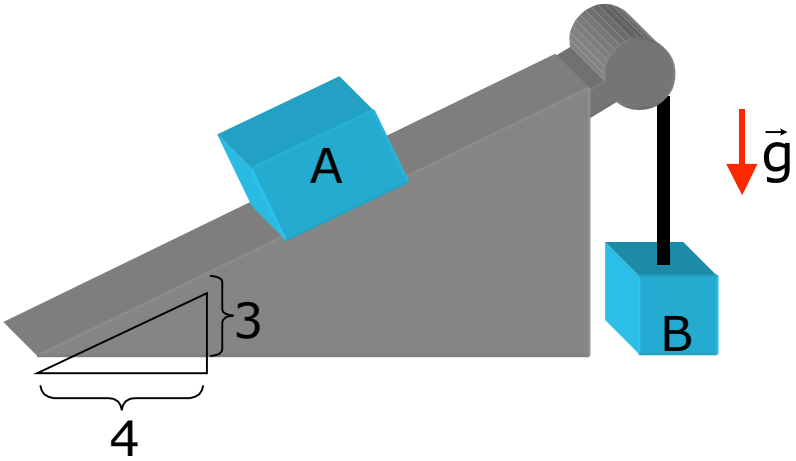
6. (MEDICINA VIÇOSA) – Um bloco de 3,0kg é abandonado com velocidade inicial V_0=0 sobre um plano inclinado de 37º com a horizontal, como mostra a figura abaixo. O coeficiente de atrito entre o bloco e o plano inclinado é 0,50. Despreze o atrito com o ar. Dados: sen 37º = cos 53º = 0,60
cos 37º = sen 53º = 0,80
g = 10m/s^2
a) Determine a intensidade da aceleração adquirida pelo bloco.
b) Calcule a distância percorrida pelo bloco após decorrido um tempo de 2,0s.



7. (FATEC) – Uma força $\vec{F}$ paralela ao plano inclinado de ângulo θ com a horizontal é aplicada ao corpo de massa 10kg, para que ele suba o plano com aceleração de módulo igual a 2,0m/s^2 e dirigida para cima.
Considerando-se desprezível o atrito, adotando-se para o módulo de g o valor de 10m/s^2, cos θ = 0,60 e sen θ = 0,80, o módulo de $\vec{F}$ vale:
a) 120N b) 100N c) 80N d) 60N e) 20N



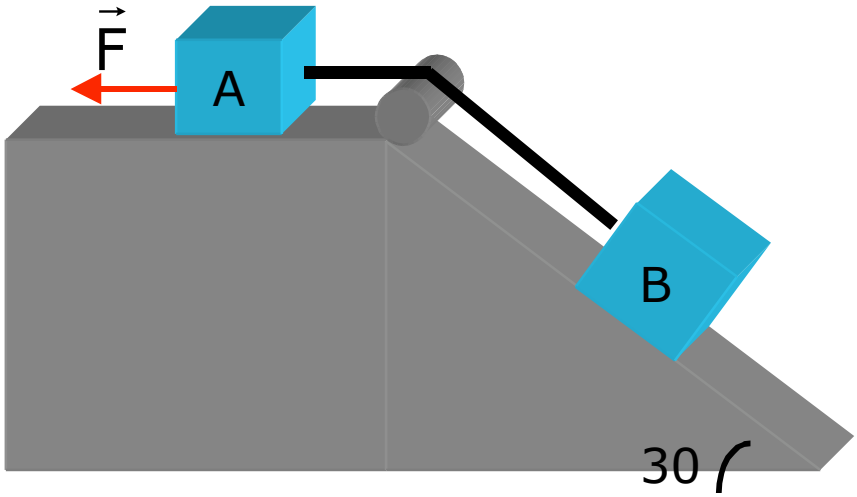
8. (VUNESP) – No plano inclinado da figura abaixo o coeficiente de atrito entre o bloco A e o plano vale 0,20. A roldana é isenta de atrito e despreza-se o efeito do ar. Os blocos A e B têm massas iguais a **m** cada um e a aceleração local da gravidade tem intensidade igual a **g**.
A intensidade da força tensora na corda, suposta ideal, vale:
a) 0,76mg; b) 0,875mg; c) 0,88mg; d) 0,96mg; e) mg.



9. (FEI-SP) – Na figura abaixo, o bloco A tem massa m_A=5,0kg e o bloco B tem massa m_B=20,0kg. Não há atrito entre os blocos e os planos, nem na polia; o fio é inextensível e o efeito do ar é desprezível. A força $\vec{F}$ tem módulo F=40,0N e adota-se g=10m.s^{-2}.

a) Qual o valor da aceleração do bloco B?

b) Qual a intensidade da força tensora no fio?



10. (PUC) – Um bloco de 5,0kg de massa está em repouso sobre um plano inclinado. θ é o angulo de inclinação do plano.

a) O que acontece com o módulo da força de reação normal do plano, na medida em que θ aumenta de valor?

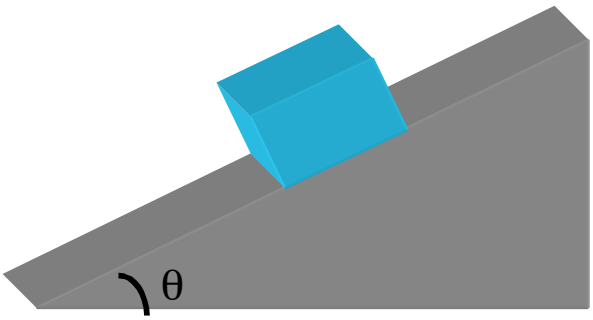
b) Qual o módulo da aceleração do bloco, quando o angulo de inclinação do plano for igual a 18º?

Dados:

sen 18º $\cong$ 0,30; cos 18º $\cong$ 0,95

módulo da aceleração da gravidade local: g=10m/s^2

módulo da força de atrito: f_{at}=5,0N



Respostas

1. $f_{at}=20N$
2. $m_1=27kg$
3. $\mu=0,50$
4. a) $f_{at}=9,0.10^3N$ b) $|a|=4,0m/s^2$
5. ALTERNATIVA D
6. a) $a=2,0m/s^2$ b) $\Delta S=4,0m$
7. ALTERNATIVA B
8. ALTERNATIVA C
9. a) $a=2,4m/s^2$ b) $T=52,0N$
10. a) a força normal diminui b) $a=2,0m/s^2$