Dinâmica

Teoria

A dinâmica é a parte da Física relacionada à mecânica que estuda os movimentos e as causas que os produzem e os modificam.

Existem três Leis que regem na Dinâmica, mas antes de apresentá-las vamos introduzir o conceito de força. O primeiro ponto a ser falado é que força é uma **grandeza vetorial**, ou seja, tem módulo, direção e sentido. E sua finalidade é alterar o estado de repouso ou movimento de um corpo ou deformá-lo. E divide-se a força em duas características básicas, que são elas:

- **Campo:** São as forças que atuam sem um contato direto como resultado da existência de um campo – um região do espaço onde efeitos físicos específicos se fazem sentir, como por exemplo temos a força magnética, força elétrica e força gravitacional.
- **Contato:** São as forças em que ocorre um contato direto entre as superfícies dos corpos que estão interagindo, como por exemplo a força normal, força de tração, força elástica e a força de atrito.

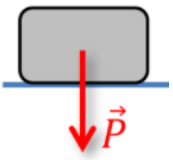
Marcando as Forças

Peso

Força de interação entre qualquer corpo de massa m com um campo gravitacional e pode ser calculado com a equação:

$$\vec{P} = m.\vec{g}$$

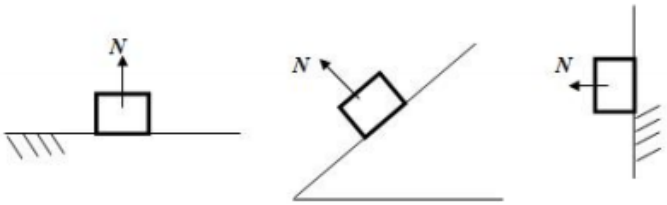
Onde g é a aceleração da gravidade local. Note que, como a massa é sempre maior do que zero, P tem sempre a mesma direção e sentido de g.



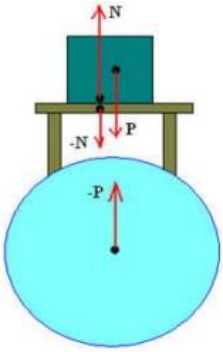
Normal

Força de interação de um corpo e uma superfície. A força normal será sempre perpendicular à superfície e no sentido da superfície para o corpo.

Não existe uma equação específica para calcular a força normal, deverá ser feito uma análise das forças aplicadas na direção da normal e, por um sistema linear, determinar seu valor.

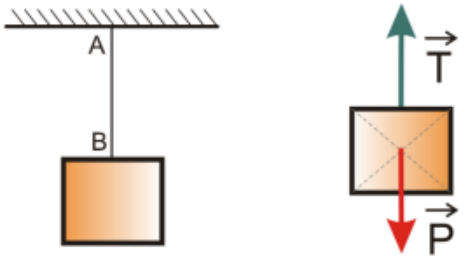


Atenção: Normal não forma par ação e reação com o Peso!



Tração

Força que aparece sempre em cabos, fios e cordas quando esticados. Cada pedaço da corda sofre uma tração, que pode ser representada por um par de forças iguais e contrárias que atuam no sentido do alongamento da corda. Dinamômetro: disposto que pode ser acoplado à corda para medir a intensidade da força de tração.

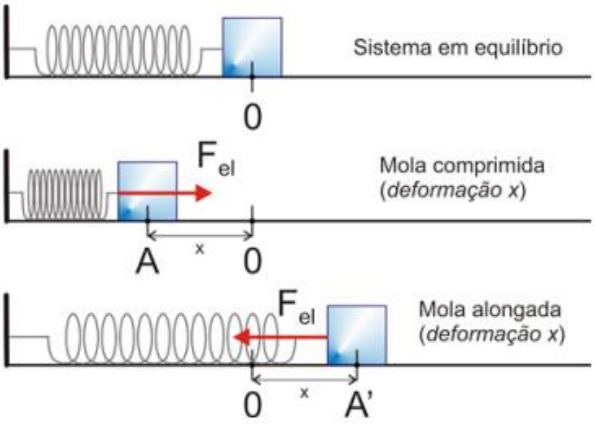


Força Elástica

Força que aparece durante a deformação de algum corpo com características elásticas, ou seja, que pode ser deformado durante a aplicação de uma força e que tem a capacidade de voltar ao seu tamanho original assim que a força for cessada. Corda de borracha, elásticos e molas são os exemplos mais comuns em questões. A força elástica é um vetor que tem mesma direção e sentido oposto à força aplicada para deformar a mola em questão, sendo assim chamada de força de restituição. O módulo da força elástica pode ser calculado pela equação:

$$F = -kx$$

Onde k é o coeficiente de elasticidade (característica da mola) e x é a deformação sofrida pela mola.



Força de Atrito

Para introduzirmos ao assunto, vamos considerar que você está empurrando uma geladeira sobre uma superfície irregular. Admitindo que essa geladeira esteja, inicialmente, em repouso. Quando você exerce sobre a geladeira uma força horizontal ($\vec{F}$), surge uma força que opõe à tendência de movimento. Enquanto a geladeira não se mover, essa força que se opõe à tendência de movimento, denominada **atrito estático**, possui intensidade igual à da força que está solicitando o movimento, no caso, a força horizontal ($\vec{F}$) exercida por você.

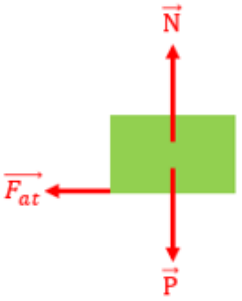
Verifica-se que, se a intensidade da força exercida por você for aumentada, haverá um momento em que a geadeira atingirá a situação de **iminência de movimento**. Nesse instante, a força de atrito (F_{at}), que continua tendo a mesma intensidade que a força exercida pelo homem, atinge seu valor máximo, denominado **atrito estático máximo**.

A partir do momento em que você aumentar um pouco mais a força aplicada à geladeira, esta vai entrar em movimento, e o atrito no bloco será dito dinâmico (ou cinético).

1. Atrito Dinâmico ou Cinético

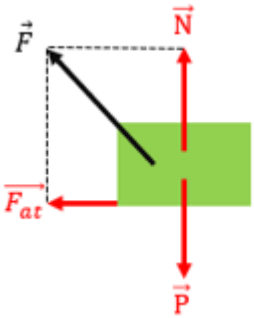
Quando um corpo é lançado com velocidade inicial $\overrightarrow{v_o}$ numa mesa, ou como o exemplo descrito anteriormente, ele adquire um movimento retardado até parar. A força que garante a sua desaceleração é chamada força de atrito dinâmico ou cinético e é uma projeção da força de contato entre a mesa e o bloco.

Representando as forças que atuam no bloco, num instante qualquer do seu movimento, temos:



$\vec{P}$ → peso do corpo
$\vec{N}$ → força normal
$\overrightarrow{F_{at}}$ → força de atrito dinâmico

A força $\vec{F}$ aplicada sobre o bloco é dada por:



$$\vec{F} = \vec{N} + \overrightarrow{F_{at}}$$

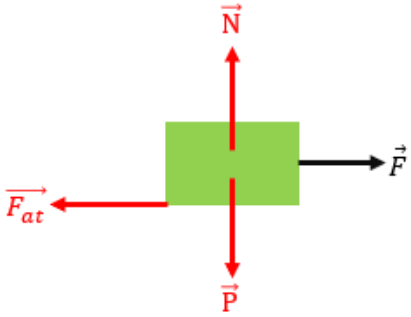
Experimentalmente, verificamos que o módulo da força de atrito cinético é praticamente constante e proporcional ao valor da componente normal ($\vec{N}$) que o corpo exerce na superfície.

$$F_{at} = \mu_c \cdot N$$

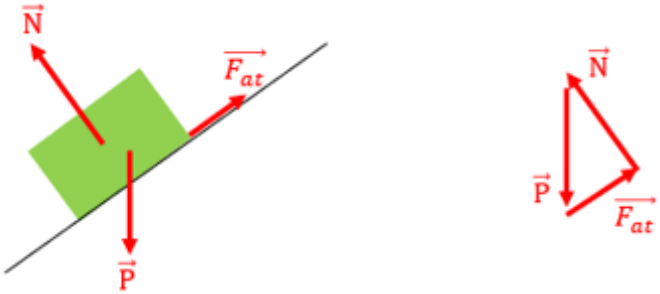
O coeficiente de proporcionalidade μ_c é chamado coeficiente de atrito cinético. É uma grandeza adimencional e depende do material de que é feito cada corpo e o grau de polimento das superfícies em contato.

2. Atrito Estático

Se um corpo estiver em repouso sobre uma superfície horizontal, a força de contato é normal à superfície, como vocês já viram anteriormente, e sobre ele é aplicado uma força, e momentos antecendentes a ele começar seu movimento teremos a seguinte situação:



Nesse momento, conforme já dito no início desse conteúdo, a força de atrito ($\vec{F_{at}}$) é igual à força ($\vec{F}$).
Mas, se numa mesma situação em que o bloco estiver sobre um plano inclinado, teremos:



Se aumentarmos gradativamento o ângulo de inclinação do bloco, com o bloco ainda em repouso, aumentará também a intensidade da força de atrito estático. Para um valor máximo de θ, o bloco fica na eminência de descer o plano. Neste instante, atua a força de **atrito estático máximo**. Seu valor, em módulo, é dado por:

$$F_{at} = \mu_E \cdot N$$

Importante: Relação entre o coeficiente de atrito estático e dinâmico (ou cinético)

Experimentalmente é simples constatar que é mais fácil manter um corpo em movimento retilíneo uniforme, escorregando sobre uma superfície, do que fazer o mesmo corpo, sobre a mesma superfície, entrar em movimento acelerado ou retardado. Logo, podemos escrever:

Para um mesmo par de superfícies em contato, o coeficiente de atrito cinético é menor que o coeficiente de atrito estático.

$$\mu_D < \mu_E$$

Leis de Newton

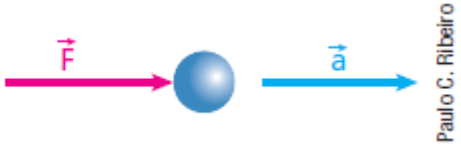
Princípio da Inércia (1ª Lei de Newton)

É definido como: Se a força resultante sobre uma partícula é nula, ela permanece em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme, por inércia.

Note que, para variar a velocidade vetorial de um corpo, é necessária a intervenção de uma força resultante, fruto das ações de agentes externos ao corpo. Sozinho (livre de força resultante externa), um corpo em movimento mantém velocidade constante, por inércia.

Princípio Fundamental da Dinâmica (2ª Lei de Newton)

Consideremos uma partícula submetida à ação de uma força resultante $\vec{F}$. O que devemos esperar que aconteça com essa partícula? Ela adquirirá uma aceleração $\vec{a}$, isto é, experimentará variações de velocidade com o decorrer do tempo. Supondo que $\vec{F}$ seja horizontal e dirigida para a direita, qual será a direção e o sentido de $\vec{a}$? Mostra a experiência que $\vec{a}$ terá a mesma orientação de $\vec{F}$, ou seja, será horizontal para a direita.



Ou, de forma genérica:

F = m a

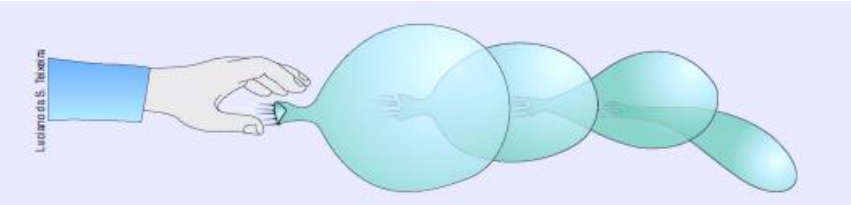
Escrevendo essa expressão na forma vetorial, temos:

$$\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{m}\vec{\mathbf{a}}$$

Força [F] = kg.m/s² = kg.m.s^{-2} = N (newton).

3ª Lei de Newton

Um experimento simples que você já deve ter realizado está esquematizado na figura abaixo, na qual está representado um balão de borracha movimentando-se à medida que expele o ar existente em seu interior.



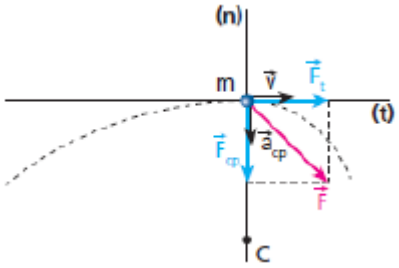
Esse fenômeno pode ser explicado pelo **Princípio da Ação e da Reação.** Cada partícula do ar ejetado recebe "força para trás". Essas partículas, que são em grande número, reagem no balão com "pequenas forças para a frente". Essas "forças" originam uma força resultante expressiva, capaz de acelerar o corpo elástico.

Toda ação acompanha uma reação com forças de:

- Mesmo módulo;
- Mesma direção;
- Sentidos opostos;
- Atuam em corpos diferentes.

Força Centrípeta

Na figura seguinte, representamos uma partícula de massa m, vista num instante em que sua velocidade vetorial é $\vec{v}$.



A trajetória descrita por ela é uma curva que, para a posição destacada no esquema, tem raio de curvatura R. Seja, ainda, $\overrightarrow{a_{cp}}$ a aceleração centrípeta comunicada por $\overrightarrow{F_{cp}}$. Aplicando a 2ª Lei de Newton, podemos escrever que:

$$\overrightarrow{F_{cp}} = \mathrm{m}.\overrightarrow{a_{cp}}$$

Conforme vimos em Cinemática Vetorial, o módulo de $\overrightarrow{a_{cp}}$ é dado pelo quociente do quadrado do módulo de $\vec{v}$ por *R*, isto é:

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

Assim, a intensidade da componente centrípeta da força resultante fica determinada por:

$|\overrightarrow{F_{cp}}| = m\frac{v^2}{R}$

Exercícios

1. Um livro de peso igual a 4 N está apoiado, em repouso, na palma de sua mão. Complete as sentenças abaixo:

I. Uma força para baixo de 4 N é exercida sobre o livro pela _____.

II. Uma força para cima de _____ é exercida sobre o (a) _____ pela mão.

III. A força para cima (item II) é reação à força para baixo (item I)? _____;

a) Mão, 14 N, Terra, Sim.

b) Terra, 4 N, livreo, Sim.

c) Terra, 4 N, Terra, Não

d) Terra, 4 N, livro, Não

e) Terra, 4 N, livro, Não.

2. Um astronauta de massa m e peso P foi levado da superfície da Terra para a superfície de um planeta cuja aceleração da gravidade, em módulo, é igual a um terço da aceleração da gravidade registrada na superfície terrestre. No novo planeta, os valores da massa e do peso desse astronauta, em função de suas intensidades na Terra, serão respectivamente:

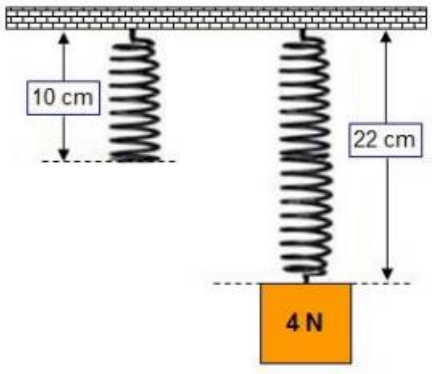
a) $^{m}/_{3}$, P

b) m, P

c) $m, ^{P}/_{3}$

d) $^{m}/_{3}, ^{P}/_{3}$

3. A mola varia seu comprimento de 10cm para 22cm quando penduramos em sua extremidade um corpo de 4N.



Determine o comprimento total dessa mola, quando penduramos nela um corpo de 6N.

a) 28 cm

b) 38 cm

c) 18 cm

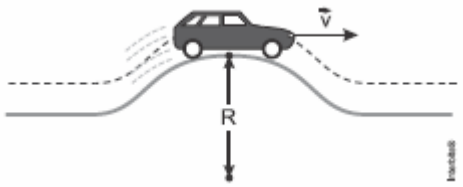
d) 20 cm

e) 40 cm

4. Um corpo de peso igual a 200 N está em repouso sobre uma superfície horizontal em que os coeficientes de atrito estático e dinâmico valem, respectivamente, 0,4 e 0,3.
Qual a intensidade da força paralela ao plano capaz de fazer o corpo entrar em movimento?

a) $F > 80\ N$
b) $F > 40\ N$
c) $F > 120\ N$
d) $F < 80\ N$

5.



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) $\frac{MR^2}{V} + mg$

Se liga!

Sua específica é exatas e quer continuar treinando esse conteúdo?
Clique **aqui** para fazer uma lista extra de exercícios

Gabaritos

1. E

A questão ressalta a lei ação e reação.

2. C

Não há alteração na massa. Para o peso, temos que:

$P = mg$

$P' = mg' = m.\frac{g}{3}$

$P' = \frac{P}{3}$

3. A

$F = kx$

$4 = k(22 - 10)$

$k = \frac{1}{3}\ N/cm$

Calculando a deformação:

$F = kx$

$6 = \frac{1}{3}x$

$x = 18\ cm$

Portanto, o comprimento é 18 + 10 (incial) = 28 cm

4. B

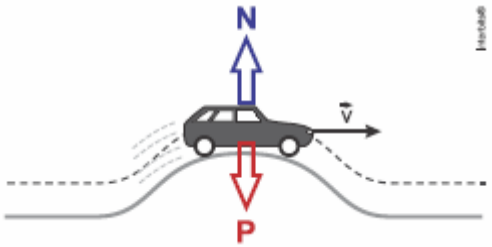
$F > F_{at}$

$F > 200.0{,}4$

$F > 80\ N$

5. B

Questão envolvendo a dinâmica no movimento circular uniforme, em que a força resultante no ponto mais alto da lombada é representado na figura abaixo:



A resultante das forças é a força centrípeta:

$$F_r = F_c \Rightarrow P - N = \frac{M v^2}{R} \Rightarrow Mg - N = \frac{M v^2}{R}$$

$$\therefore N = Mg - \frac{M v^2}{R}$$