

FÍSICA

DINÂMICA

meSalva!



ENGENHARIA



COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

1 INTRODUÇÃO À DINÂMICA

Quando falamos de Cinemática, nosso interesse é em entender os movimentos, mas sem levar em conta a causa, lembra? Bom, agora é a hora de falarmos sobre as causas, ou seja, a relação entre a força e o movimento!

Os boatos que rolam por aí é que um belo dia Isaac Newton estava lendo seu livro embaixo de uma macieira e, de repente uma maçã caiu na sua cabeça! Este foi o primeiro passo para o entendimento da gravidade, que foi seguido pelo entendimento de Força e a formulação das três Leis de Newton.

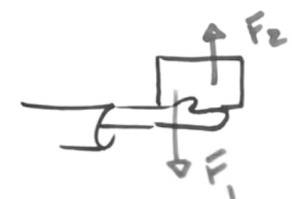


2 PRIMEIRA LEI DE NEWTON: INÉRCIA

A primeira Lei de Newton nos diz que se um corpo está em repouso, ele tende a permanecer em repouso e se um corpo está em movimento tende a permanecer em movimento retilíneo uniforme. A inércia é então definida como a resistência oferecida por um corpo à alteração de seu estado de repouso ou movimento.

Assim, a única forma de colocar um corpo em movimento é aplicando-se uma força resultante diferente de zero. A força resultante F_R é uma força única, capaz de produzir um efeito equivalente ao de várias forças aplicadas a um corpo. Ou seja, ela é a soma vetorial de todas as forças atuantes sobre um corpo.

A partir dessas definições, podemos afirmar que se a força resultante F_R é nula, a aceleração também é nula! Por exemplo, imagine que você está segurando uma caixa:



A caixa sofre uma força F_1 devida à gravidade e uma força F_2 feita pela sua mão para que a caixa não caia. Você sabe que a caixa não vai simplesmente pular da sua mão, certo? Isso acontece porque as forças F_1 e F_2 se igualam, e a caixa tende a permanecer em repouso. Quer dizer, a não ser que seu amigo engraçadinho empurre a caixa da sua mão, com uma força externa F_3 !

REFERENCIAL INERCIAL

Lembra que falamos um pouco sobre isso no resumo de Cinemática? Agora vamos retomar essa ideia, pois as Leis de Newton só são válidas em referenciais inerciais, ou seja, quando um referencial não está acelerado em relação ao outro.

3 SEGUNDA LEI DE NEWTON: PRINCÍPIO FUNDAMENTAL DA DINÂMICA

Essa é a Lei mais importante! Ela nos diz que a aceleração de um corpo a é proporcional à força resultante F_R aplicada à esse corpo. A razão entre essas duas é a massa m do corpo:

$$\frac{\vec{F}}{m} = \vec{a} \rightarrow \vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$$

COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

Isto quer dizer que quando aplicamos uma mesma força em dois corpos de massas diferentes, elas produzem acelerações diferentes. Por exemplo, se você tentar empurrar uma geladeira, com a mesma força que você empurra uma cadeira, é óbvio que a cadeira vai ser muito mais acelerada, né?

Repare que estamos lidando com vetores, ou seja, analisamos as componentes num mesmo eixo X ou Y . Ah, e aqui começamos a falar da unidade de força Newton, representada pela letra N . Temos que:

$$1 N = 1 Kg \cdot 1 \frac{m}{s^2}$$

Exemplo:

Considere um corpo de massa $m = 20$ kg movendo-se com aceleração, em módulo, igual $a = 4$ m/s^2 . Qual o módulo da força resultante sobre o corpo?

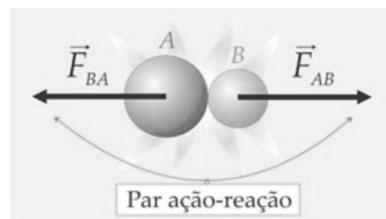
Note que estamos interessados apenas no módulo da força resultante, ou seja, não queremos saber a direção, nem o sentido dela. Assim, basta colocarmos nossos dados na equação:

$$F_R = m \cdot a = 20 \cdot 4 = 80 N$$

4 TERCEIRA LEI DE NEWTON: AÇÃO E REAÇÃO

Essa Lei nos diz que para cada ação, há uma reação de mesma intensidade, mesma direção e em sentido oposto. Aqui, estamos analisando a interação entre dois corpos, de forma que as forças não se equilibram, pois o par ação-reação ocorre em corpos diferentes.

Vamos considerar os dois corpos A e B da figura abaixo:



Se A exerce uma força $\overline{F_{AB}}$ sobre o corpo B , teremos uma força $\overline{F_{BA}}$ de mesma intensidade e de sentido oposto realizada pelo corpo B sobre o corpo A . Portanto, temos o par ação-reação:

$$\overline{F_{AB}} = -\overline{F_{BA}}$$

5 LEI DA GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

Considere dois corpos de massas m_1 e m_2 , segundo a Lei da Gravitação Universal, estes dois corpos vão se atrair com uma força F_g proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que separa seus centros de gravidade:



$$F_g = \frac{G \cdot m_1 m_2}{R^2}$$

Sendo R a distância entre os corpos, G a constante gravitacional universal, $G = 6,67 \times 10^{-11} Nm^2/kg^2$.

Quando consideramos a atração de um corpo pelo centro da Terra, consideramos um raio

COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



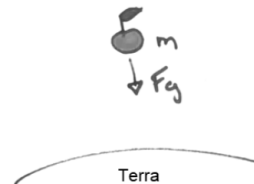
Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

R_T constante e uma massa m_T também constante, obtendo o que chamamos de aceleração da gravidade g :

$$g = \frac{G \cdot m_T}{R_T^2} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Assim, podemos simplificar a expressão da força gravitacional F_g (ou força peso P), obtendo:

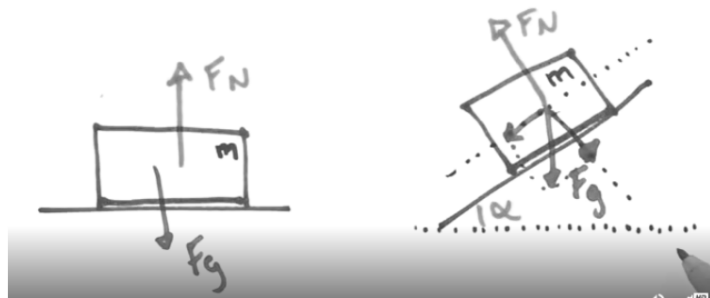
$$F_g = g \cdot m$$



Na verdade, a aceleração da gravidade varia um pouco com a latitude e a altitude onde encontra-se um corpo. Mas, para fins didáticos, podemos considerar como constante $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

6 FORÇA NORMAL

É uma força que surge devido ao contato do corpo com uma superfície, a fim de sustentar o corpo. A força normal F_N (ou N) é sempre perpendicular à superfície:



No caso de uma superfície horizontal, F_N é sempre vertical e vai compensar a força peso F_g exercida pelo corpo sobre a superfície:

$$F_N = F_g$$

Em um plano com inclinação α , podemos colocar nossos eixos X e Y paralelos à superfície, gerando uma componente vertical e outra horizontal para a força F_g . A normal F_N compensará a componente vertical de F_g , de maneira que a força resultante será na direção X .

Em X :

$$F_x = F_g \cdot \text{sen } \theta$$

Em Y :

$$F_y = 0 = F_N - F_g \cdot \text{cos } \theta$$

$$F_N = F_g \cdot \text{cos } \theta$$

Exemplo:

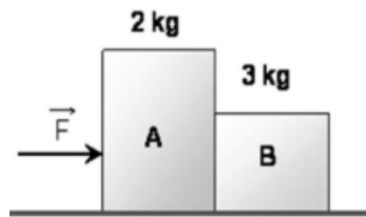
Considere a situação abaixo, onde dois blocos, A e B, estão apoiados em uma superfície horizontal perfeitamente lisa. Uma força constante e horizontal $\vec{F} = 20 \text{ N}$ é exercida sobre o bloco A:

COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!

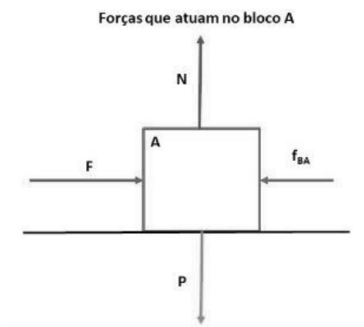


Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.



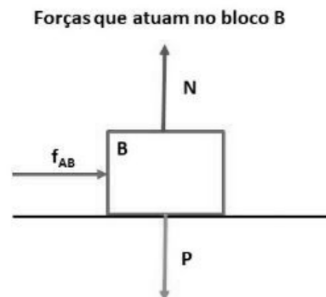
Determine a aceleração adquirida pelo sistema e a intensidade da força que o bloco A exerce sobre o bloco B.

Vamos começar identificando as forças que atuam em cada bloco:



No bloco A, temos a ação da força externa F , da força normal N exercida pela superfície, a força peso P e a força de reação F_{BA} que bloco B exerce sobre o bloco A.

No bloco B, temos:



Como os blocos não se movimentam verticalmente, a resultante vertical será nula, tanto para o bloco A, como para o bloco B:

$$F_y = 0 = N - P \rightarrow N = P$$

Os blocos deslizam horizontalmente, e devemos então aplicar a segunda Lei de Newton:

$$F_R = m \cdot a$$

Analisando o bloco A, a força resultante F_{RA} vai ser a força F aplicada, menos a força no sentido oposto, F_{BA} :

$$F_{RA} = F - F_{BA} = m_A \cdot a$$

Para o bloco B, a força resultante F_{RB} será a força que o bloco A exerce sobre o bloco B:

$$F_{RB} = F_{AB} = m_B \cdot a$$

A força resultante em x será a soma das forças resultantes nos blocos A e B:

$$F_{Rx} = F_{RA} + F_{RB} = F - F_{BA} + F_{AB}$$

Temos, finalmente a equação:

COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

$$F - F_{BA} + F_{AB} = (m_A \cdot a) + (m_B \cdot a)$$

Lembrando da terceira Lei de Newton, sabemos que a intensidade de F_{AB} é igual à intensidade de F_{BA} , pois temos um par ação-reação. Portanto, elas se anulam e simplificamos a equação:

$$F = a(m_A + m_B)$$

Agora, basta substituírmos os valores para encontrarmos a aceleração do conjunto:

$$20 = a(2+3) \rightarrow a = 4 \text{ m/s}^2$$

A força que o bloco A exerce sobre o bloco B é:

$$F_{AB} = m_B \cdot a = 3 \cdot 4 = 12 \text{ N}$$

7 FORÇA DE ATRITO

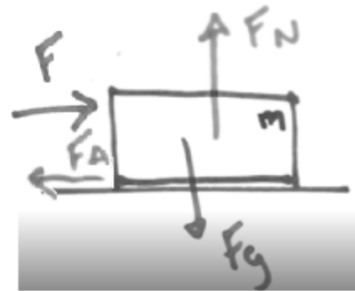
Até agora, consideramos que as superfícies eram perfeitamente lisas, ou seja, que nenhuma força era exercida pela superfície no sentido contrário ao movimento. Dessa forma, quando uma força era aplicada, o corpo se deslocava sem parar.

Na verdade, é claro que as superfícies não são perfeitas e temos sempre uma força contrária ao movimento, chamada de força de atrito. Esta força faz com que o corpo acabe parando num certo momento.

ATRITO ESTÁTICO

O coeficiente de atrito estático μ_e é utilizado para calcular a força de atrito máxima, quando um corpo está parado. Ou seja, é a força mínima que devemos fazer para movimentar um corpo que está em repouso.

A força de atrito F_A é igual à força F aplicada sobre o corpo até o momento em que chegamos à força de atrito máxima $F_A \text{ máx}$.



$$F = F_A$$

$$F_A \text{ máx} = \mu_e \cdot F_N$$

Note que a força de atrito está relacionada com a força normal F_N , pois ela depende da relação do corpo com a superfície.

ATRITO DINÂMICO (OU CINÉTICO)

Quando a força de atrito estático máxima $F_A \text{ máx}$, for ultrapassada pela força F aplicada sobre o corpo, ele entrará em movimento.

A partir daí, começamos a falar da força de atrito dinâmico F_{AD} e do coeficiente atrito dinâmico μ_D .

$$F_{AD} = \mu_D \cdot F_N$$

Na prática, é mais difícil tirar um corpo do repouso do que mantê-lo em movimento, de forma

COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



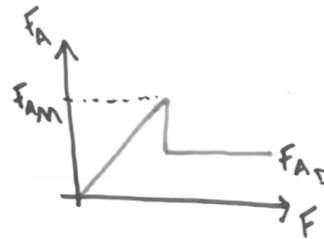
Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

que verificou-se que o coeficiente de atrito estático é geralmente maior que o coeficiente de atrito dinâmico:

$$\mu_e \geq \mu_D$$

Resumindo:

Quando queremos mover um corpo, aplicamos uma força F até o momento em que chegamos a $F = F_{A,máx}$. Então, a força de atrito F_A vai se tornar menor do que F e a força de atrito dinâmico F_{AD} começa a ser exercida sobre o corpo, de forma constante e independente da velocidade:



8 TRAÇÃO

Considere um fio ideal, isto é, inextensível, flexível e de massa desprezível. Se você prender este fio à uma caixa, por exemplo, e fizer uma força F , estará aplicando a força no fio, que por sua vez, aplica uma força sobre a caixa, chama de força de tração F_T .



DIAGRAMA DE CORPO LIVRE

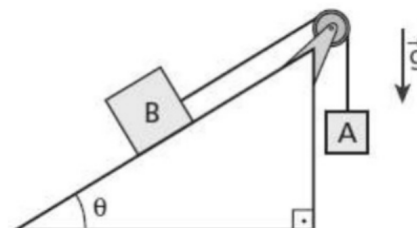
Chamamos de diagrama do corpo livre um desenho esquemático no qual representamos todas as forças que atuam em um corpo, isolando este do sistema ao qual pertence.

PASSOS:

1. Se tiver mais de um corpo, analise separadamente, um de cada vez.
2. Desenhe as forças apresentadas pelo problema.
3. Verifique a presença das forças fundamentais: força peso, força normal, força de atrito e força de tração e desenhe-as.
4. Equacione as forças resultantes. Lembre que se o sistema estiver em equilíbrio, as forças resultantes devem ser nulas.

Exemplo:

Considere o sistema abaixo, onde o fio e a polia são ideais e o efeito do ar é desprezível. Considere $g = 9,8 \text{ m/s}^2$; $\text{sen } \theta = 0,60$; $\text{cos } \theta = 0,80$.



COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



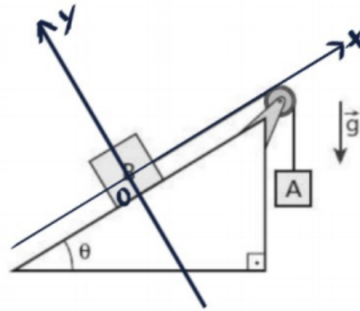
Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

Sabendo que os blocos A e B possuem massas iguais a 5 kg e que os coeficientes de atrito estático e cinético entre o bloco B e o plano de apoio valem 0,45 e 0,40, respectivamente. Determine o módulo da aceleração dos blocos e a intensidade da força de tração no fio.

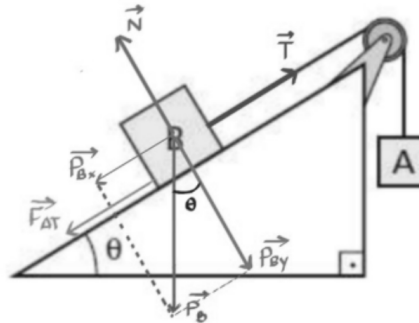
Vamos começar fazendo o diagrama de corpo livre para cada um dos blocos e identificando as forças que atuam sobre cada um.

Bloco B:

Vamos considerar o seguinte eixo de referência:



Agora, vamos desenhar as forças que atuam sobre o bloco B:



Força peso PB: temos uma componente no eixo x e uma componente no eixo y. Pela trigonometria, obtemos:

$$P_{Bx} = P_B \cdot \text{sen } \theta$$

$$P_{By} = P_B \cdot \text{cos } \theta$$

Já podemos calcular os valores:

$$P_B = m_B \cdot g = 5,9,8 = 49N$$

$$P_{Bx} = 49 \cdot (0,60) = 29,4N$$

$$P_{By} = 49 \cdot (0,80) = 39,2N$$

Força normal N: atua no eixo y, perpendicularmente à superfície. Como não temos movimento nessa direção, as forças estão em equilíbrio. Assim, igualamos à força de sentido contrário, P_{By} .

$$N = P_{By} = 39,2N$$

Força de atrito: tem sentido contrário ao movimento do bloco. Como estamos falando de um sistema em movimento, vamos utilizar o coeficiente de atrito cinético para o cálculo:

$$F_{AD} = \mu_D \cdot N = 0,40 \cdot 39,2 = 15,68 N$$

Força de tração T: é a força exercida sobre o fio, no eixo x. Agora as coisas vão ficar um pouquinho mais complicadas! Vamos considerar que o bloco B se move para a direita, ou

COMECE A ESTUDAR AGORA!

Confira as aulas em vídeo e exercícios resolvidos na plataforma do Me Salva!



Acesse o conteúdo completo com a câmera do seu celular ou tablet pelo QR Code ao lado.

seja, o bloco A puxa o bloco B. Assim, temos uma força resultante para a direita, que é igual à soma das forças atuantes no eixo X:

$$F_{RB} = T - F_{AD} - P_{Bx}$$

Aplicando a da 2ª Lei de Newton, temos:

$$F_{RB} = T - F_{AD} - P_{Bx} = m_B \cdot a$$

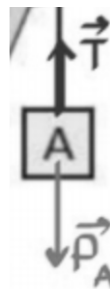
Substituindo os valores calculados anteriormente, obtemos:

$$T - 15,68 - 29,4 = 5 \cdot a$$

$$T - 45,08 = 5a$$

Repare que temos uma equação com duas incógnitas. Precisamos de mais uma equação para montarmos um sistema!

Bloco A:



Força peso P_A : atua na vertical e tem o mesmo valor de P_B , pois a massa dos dois blocos é a mesma:

$$P_A = P_B = 49N$$

Força de tração T : é a mesma exercida no bloco B e ela atua no sentido contrário da força peso. Como estamos considerando um movimento para a direita, P_A está no sentido positivo do eixo. Então temos uma força resultante sobre A:

$$F_{RA} = P_A - T$$

Pela 2ª Lei de Newton:

$$F_{RA} = P_A - T = m_A \cdot a$$

Substituindo os valores conhecidos:

$$T - 49 = 5a$$

Agora temos duas equações e duas incógnitas, então podemos montar um sistema:

$$T - 45,08 = 5a$$

$$49 - T = 5a$$

Existem diversas formas de resolver esse sistema. Aqui, vamos somar as equações:

$$T - T - 45,08 + 49 = 5a = 5a$$

Isto resulta em:

$$3,92 = 10a \rightarrow a = 0,392 \text{ m/s}^2$$

Agora, basta substituímos em uma das equações do sistema para obtermos T :

$$49 - T = 5a \rightarrow T = 49 - 5a$$

$$T = 49 - 5 \cdot (0,392) = 47,04N$$