

Física Aplicada a Jogos

Aula 03 - Forças e interações

Apresentação

Olá, pessoal! Na aula anterior, iniciamos os estudos sobre força, e nesta aula, iremos conhecer um pouco mais sobre os diferentes tipos de força, por meio de exemplos e aplicações.

Objetivos

- Aprender o significado de força na física;
- Conhecer os diferentes tipos de força;
- Reconhecer as causas de variação de movimentos, associando as intensidades das forças ao tempo de duração das interações;
- Identificar e distinguir os diferentes tipos de força;

1 - Conceito de Força

Figura 01 - Tijolos sendo quebrados por carateca em uma competição.



Fonte: Adaptado de <http://www.karatebyjesse.com/how-to-get-power-karate-punches>. Acesso em: 25 de Outubro de 2015.

Força é uma interação entre dois corpos ou entre o corpo e seu ambiente. Quando você empurra um carro atolado, você exerce uma força sobre ele. A força é uma grandeza vetorial, ou seja, você pode empurrar ou puxar um corpo em direções diferentes.

Quando uma força envolve o contato direto entre dois corpos, como o ato de puxar ou empurrar um objeto com a mão, ela é chamada de **força de contato**.

A força normal é exercida por qualquer superfície com a qual ele tenha contato. A palavra normal significa que a força sempre age perpendicularmente à superfície de contato.

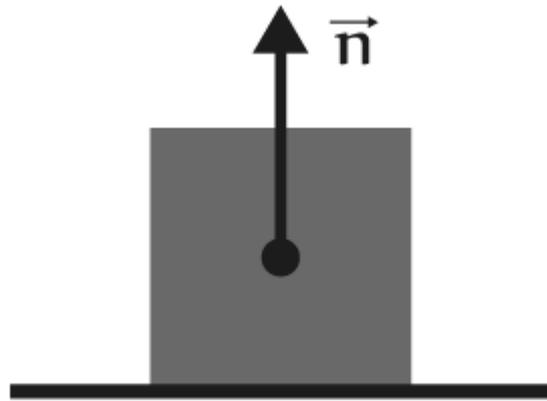
Já **a força de atrito**, exercida sobre um objeto por uma superfície age paralelamente à mesma, na direção oposta ao deslizamento.

A força de puxar que uma corda esticada exerce sobre um objeto a qual está amarrada é chamada de **força de tensão**.

Vejamos algumas ilustrações representando os diferentes tipos de força.

(a) **Força normal** \vec{n} : Quando um objeto repousa sobre uma superfície ou a empurra, a superfície exerce sobre ele uma força, que é orientada perpendicularmente à superfície.

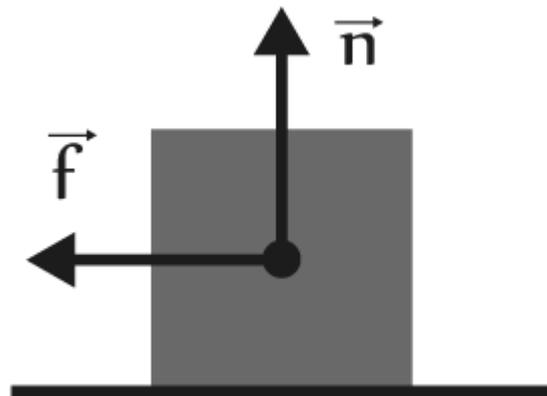
Figura 02 - Representação esquemática da força normal sobre um bloco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

(b) **Força de atrito** \vec{f} : Uma superfície pode exercer uma força de atrito sobre um objeto, que é orientada paralelamente à superfície \vec{n} .

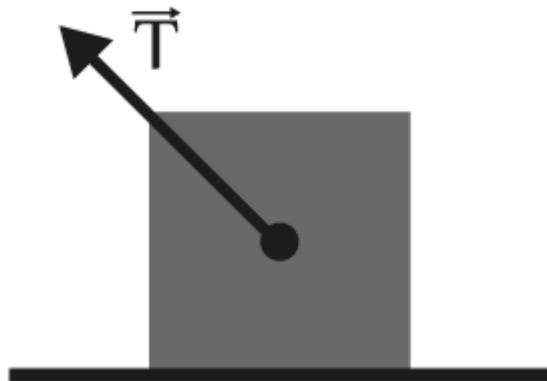
Figura 03 - Representação esquemática da força de atrito sobre um bloco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

(c) **Força de tensão** \vec{T} : Uma força de puxar exercida sobre um objeto por uma corda.

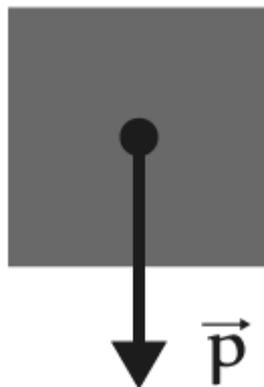
Figura 04 - Representação esquemática da força de tensão sobre um bloco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

(d) Peso \vec{p} : A força de puxar da gravidade sobre um objeto é uma força de longo alcance.

Figura 05 - Representação esquemática da força peso sobre um bloco.



Fonte: Elaborado pelo autor.

1.1 - Superposição de forças

Quando você joga uma bola, pelo menos duas forças agem sobre ela: o empurrão da sua mão e o puxão para baixo da gravidade. Experiências comprovam que, quando duas forças \vec{F}_1 e \vec{F}_2 atuam simultaneamente em um ponto A de um corpo, o efeito sobre o movimento de corpo é o mesmo que o efeito produzido por uma única força \vec{R} dada pela soma vetorial das duas forças:

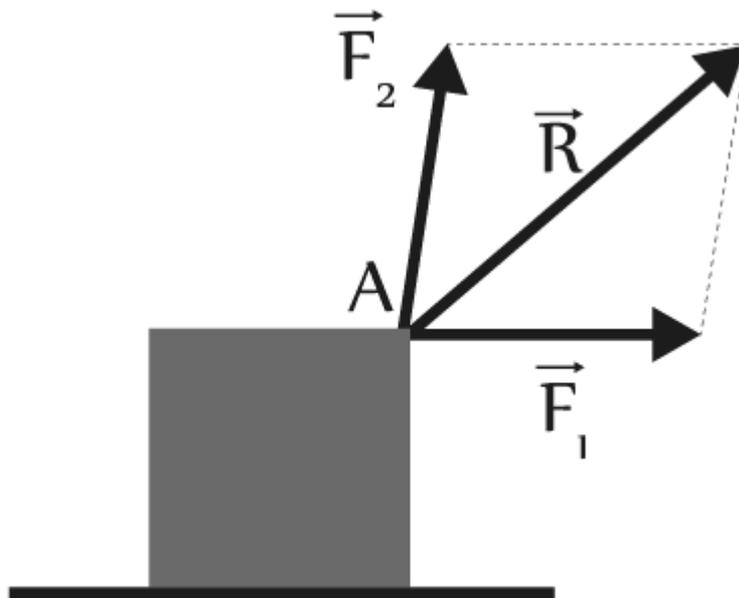
$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

O efeito sobre o movimento de um corpo produzido por um número qualquer de forças é o mesmo efeito produzido por uma força única igual à soma vetorial de todas as forças.

Esse resultado importante denomina-se princípio da **superposição das forças**.

Os vetores componentes de \vec{F} nas direções x e y são \vec{F}_1 e \vec{F}_2 , como na Figura 6. O efeito é igual ao produzido pela força original \vec{R} . Assim, qualquer força pode ser substituída pelos seus vetores componentes que atuam em um mesmo ponto.

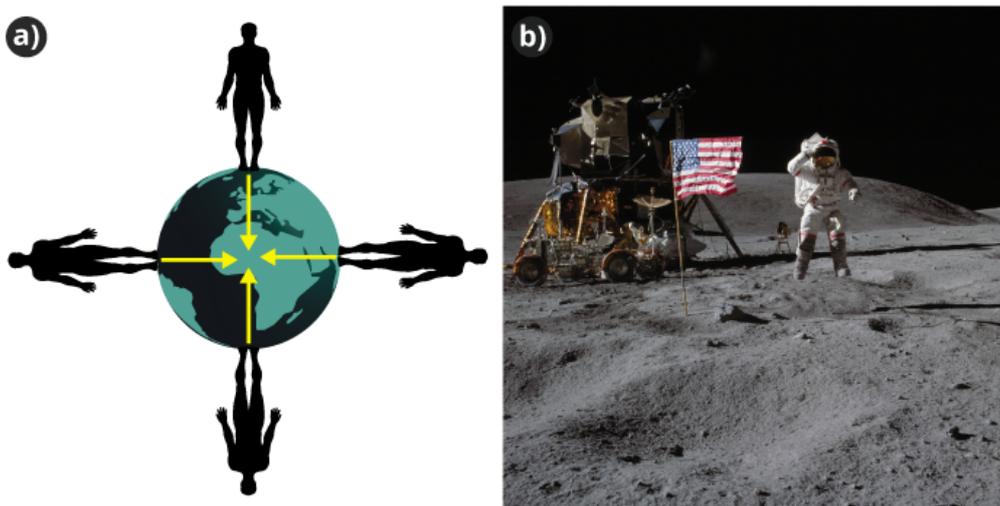
Figura 06 - Ilustração representando o princípio da superposição das forças.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2 - Força Peso

Figura 07 - a) Representação esquemática mostrando a ação da força peso sobre uma pessoa na superfície da Terra. **b)** Astronauta sob a ação da pequena força de gravidade da Lua.



Fonte: a) Adaptado de: <http://efisica.if.usp.br/mecanica/curioso/historia/antiguidade/>. Acesso em: 25 de Outubro de 2015.

b) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_W._Young_on_the_Moon.jpg. Acesso em: 25 de Outubro de 2015.

Todos nós estamos "presos ao chão" por causa da existência de uma força de atração do campo gravitacional da Terra que nos puxa na vertical, para baixo.

A força com que tudo é atraído pelo centro do planeta – ou de outros corpos celestes – denomina-se **força peso**, ou seja, o **peso**.

Sendo **m** o valor da massa do objeto e **g** a intensidade da aceleração gravitacional, seu peso é determinado pelo Princípio Fundamental da Dinâmica:

$$F_r = m \cdot a \Rightarrow P = m \cdot g$$

Como é uma força, mede-se o peso também em newtons (N) ou em quilogramas-força.

O peso de um corpo varia de acordo com o valor da aceleração gravitacional local, mas sua massa é uma constante.

Exercício Resolvido

1 - Na superfície da Lua, onde a aceleração da gravidade é $1,7 \text{ m/s}^2$, um astronauta pesa 150N .

(a) Qual a massa do astronauta?

(b) Qual o seu peso na superfície da Terra, onde $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Resolução



(a) Sendo a aceleração da gravidade na Lua igual $1,7 \text{ m/s}^2$ e $P_L = 150\text{N}$ o peso do astronauta na Lua, da definição de peso, temos:

$$P_L = mg_L \Rightarrow 150\text{m} \cdot 1,7 \Rightarrow m = 88\text{kg}$$

(b) A massa do astronauta é a mesma na Lua ou na Terra. Então, seu valor na Terra é o mesmo que ele tem na Lua: $m = 88 \text{ kg}$.

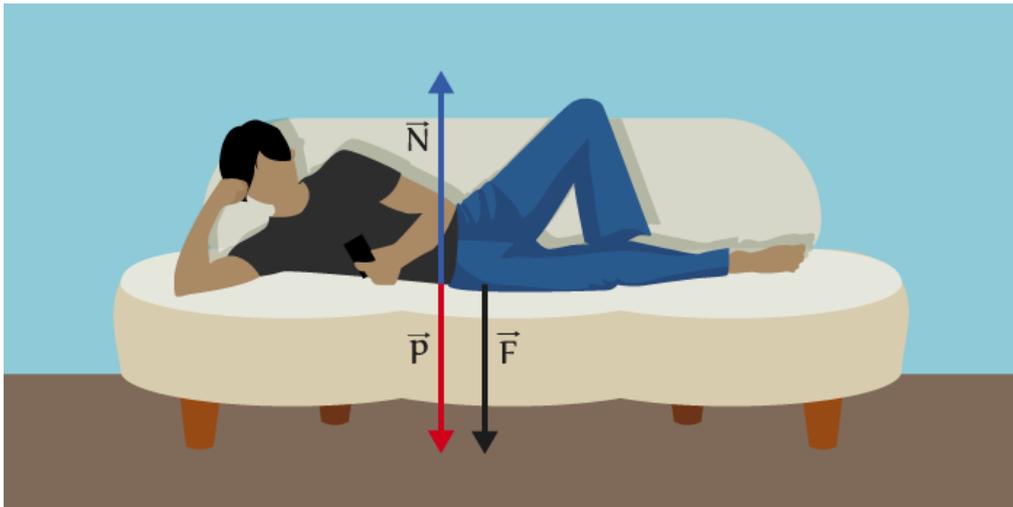
Logo, seu peso na Terra (P_T) é:

$$P_T = mg \Rightarrow P_T = 88 \cdot 9,8 \Rightarrow P_T = 862\text{N}$$

3 - Força de Reação Normal

Quando nos deitamos em um sofá ou colchão ficamos em repouso porque o peso que atua sobre nós é equilibrado por uma força de mesma direção e módulo, mas de sentido oposto. Essa força é exercida pelo sofá, perpendicular a ele, e de baixo para cima, sobre nós.

Figura 08 - Homem deitado no sofá sob a ação da força peso e da força normal.



Fonte: Adaptado de

<http://www.farmaciasaude.pt/site/images/stories/artigosimage/ortopneia.jpg>. Acesso em: 25 de Outubro de 2015.

A força \vec{N} é uma força de reação à força \vec{F} que aplicamos no sofá, e a chamamos de reação normal ao apoio, ou simplesmente de **força normal**.

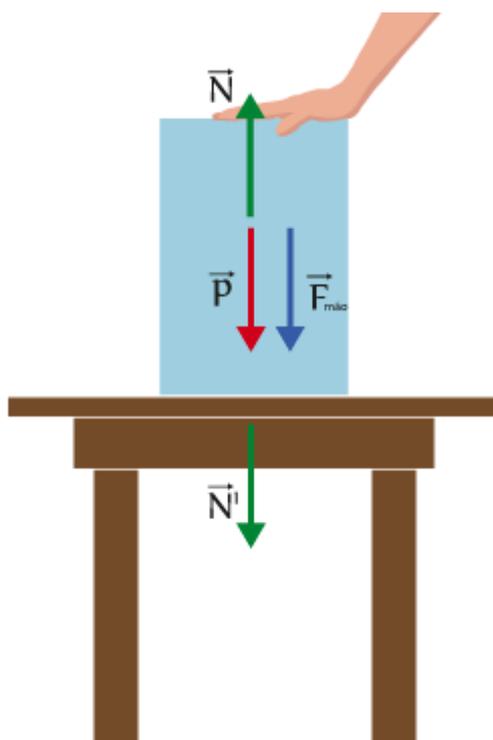
O termo normal, aqui refere-se ao fato dessa força ser sempre perpendicular à superfície de apoio. Esse tipo de força de reação também surge em outras direções.

Exercício Resolvido

1 - Suponha que na figura abaixo o peso do bloco seja $P = 10 \text{ N}$ e que a força de compressão, exercida pela pessoa, seja de $5,0 \text{ N}$.

- (a) Qual o valor da compressão \vec{N}' sobre a mesa?
- (b) Qual o valor da força aplicada pela mesa sobre o bloco?

Figura 09



Fonte: Elaborado pelo autor.

Resolução



(a) A compressão do bloco sobre a mesa será $N' = 10 + 5 = N' = 15N$

(b) Conforme observamos na figura, a reação da força N' é a força \vec{N} que está aplicada no bloco e que vale 15 N também, pois é a reação de \vec{N}' .

4 - Força de Tração

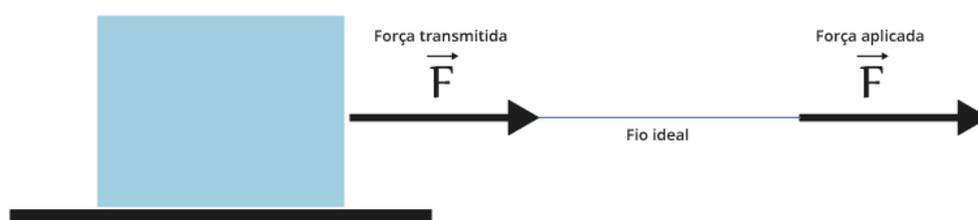
Figura 10 - Os cabos presentes na ponte Newton Navarro estão sujeitos a forças de tração.



Fonte: Adaptado de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PONTE_FORTE_-REDINHA_02.JPG.
Acesso em: 25 de Outubro de 2015.

Além das forças de reação normal há um tipo de força transmitida de um ponto a outro por meio de cordas, cabos, correntes e fios, polias e roldanas. Essa força é chamada de **força de tração** ou **força de tensão**.

Figura 11 - Bloco sendo puxado por uma força \vec{F} através de um fio ideal.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A força é transmitida de uma extremidade à outra de um fio ou cabo. A essa força, daremos o nome de força de tração, ou simplesmente tração, ou ainda tensão (\vec{T}). Sua ação se dá sempre no sentido de puxar um corpo, no caso de um fio ideal, pois este não tem como empurrá-lo.

Um fio ideal é aquele elemento transmissor de força que:

- É inextensível;
- Tem flexibilidade;
- Apresenta massa desprezível em relação ao demais corpos envolvidos no fenômeno;

Vejamos como essas ideias se aplicam em um exercício?

Exercício Resolvido

1 - Dois blocos A e B estão sobre um plano horizontal sem atrito ligados por um fio inextensível e de massa desprezível. Por meio da força \vec{F} de módulo $F = 40$ N, horizontal, o bloco A é puxado para direita, como mostra a figura abaixo.

Figura 12



Fonte: Elaborado pelo autor.

Sendo $m_A = 5,0$ kg e $m_B = 3,0$ kg, determine, em módulo:

- A aceleração do conjunto;
- A tração no fio.

Resolução



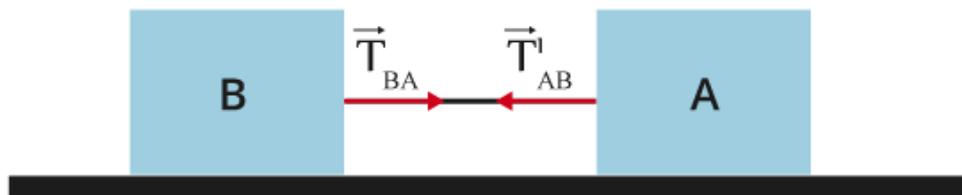
(a) Note que os pesos dos blocos A e B são equilibrados pelas forças normais exercidas pelo plano, a força resultante será a força \vec{F} .

Aplicando a segunda lei de Newton em módulo a esse sistema isolado, obtemos:

$$F_R = ma \Rightarrow 40 = (5,0 + 3,0)a \Rightarrow a = 5,0m/s^2$$

(b) Para encontrarmos a tração no fio, vamos primeiro isolar o fio que liga os dois blocos.

Figura 13



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14



Fonte: Elaborado pelo autor.

Note na Figura 14 que o fio é puxado para a direita pelo bloco A com uma força \vec{T}_{AB} e, para a esquerda, pelo bloco B por uma força de reação \vec{T}'_{BA} . Vamos aplicar a segunda lei de Newton para as forças exercidas no fio, temos:

$$F_R = ma \Rightarrow T_{AB} - T'_{BA} = m_{fio}a$$

Como a massa do fio é desprezível ($m_{fio} = 0$). Portanto:

$$T_{AB} - T'_{BA} = 0 \Rightarrow T_{AB} = T'_{BA}$$

Observe que a força de tração exercida pelo bloco A sobre o fio tem o mesmo módulo que a exercida pelo bloco B.

Para encontrar o módulo de T'_{AB} , a força de tração que o fio exerce sobre o bloco A. Vamos isolar o bloco A, dessa forma, temos:

$$F_R = ma \Rightarrow F - T'_{AB} = m_A a \Rightarrow T'_{AB} = 40 - 5 \cdot 5 = 15N$$

Em seguida, vamos aplicar a segunda lei de Newton ao bloco B, então:

$$F_R = ma \Rightarrow T_{BA} = m_B a \Rightarrow T_{BA} = 3 \cdot 5 = 15N$$

5 - Força de Atrito

Figura 15 - A força de atrito é a responsável pelo deslocamento dos carros em uma superfície.



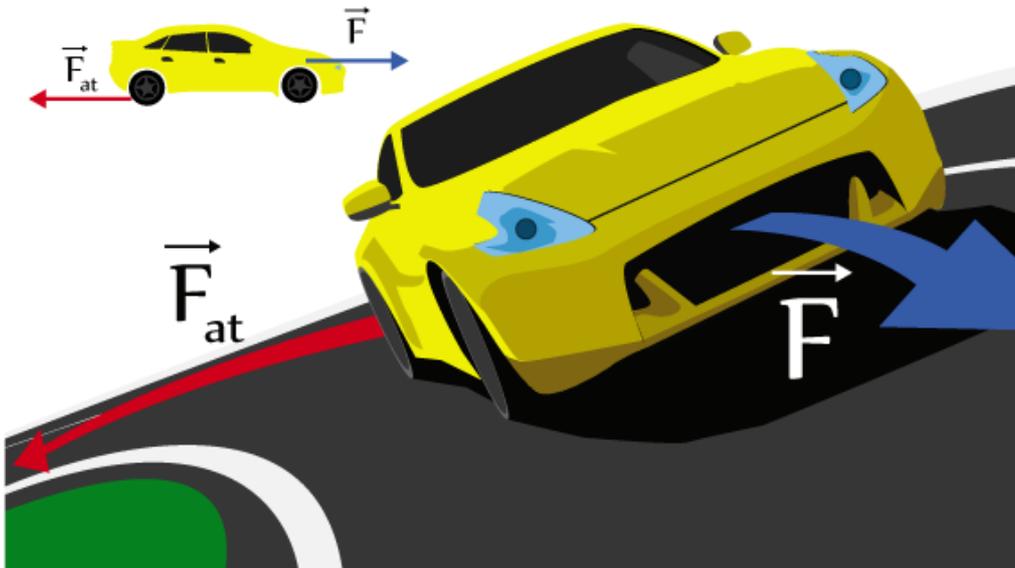
Fonte: <http://www.sopapeldeparede.com.br/carros-de-corrída/ridge-race-7-carros-na-corrída-9c2a0/>. Acesso em: 25 de Outubro de 2015.

Atrito é a força de resistência ao movimento relativo, ou à iminência de movimento, entre duas superfícies em contato. Em caso de movimento, pode ocorrer deslizamento ou rolamento relativo. O atrito é dito seco quando não há fluidos ou lubrificantes entre essas superfícies. Existem dois tipos de atrito seco:

- **Dinâmico ou cinético - quando há movimento relativo entre as superfícies.**
- **Estático - quando as superfícies não estão em movimento relativo.**

Um veículo, ao ser acelerado pela força do motor, põe-se em movimento. Mantê-lo andando exige que o motorista continue a acelerá-lo.

Figura 16 - Representação esquemática mostrando o vetor força de atrito \vec{F}_{at} e o vetor força \vec{F} que impele o carro para frente.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Que forças concorrem para manter um veículo em movimento uniforme?

Se o motorista deixar de acelerar o veículo, ele diminuirá sua velocidade e poderá até mesmo parar, indicando que a força a qual o impulsionava para a frente deixou de atuar, mas a força contrária \vec{F}_{at} não.

Notamos alguns pontos importantes:

- A força de atrito \vec{F}_{at} é tangencial à trajetória e tem sentido oposto à tendência de movimento.
- A intensidade da força de atrito independe da área de contato das superfícies, dentro de amplos limites.
- Para duas superfícies em contato, a intensidade máxima da força de atrito \vec{F}_{at} é diretamente proporcional à intensidade da força normal \vec{N} de contato.

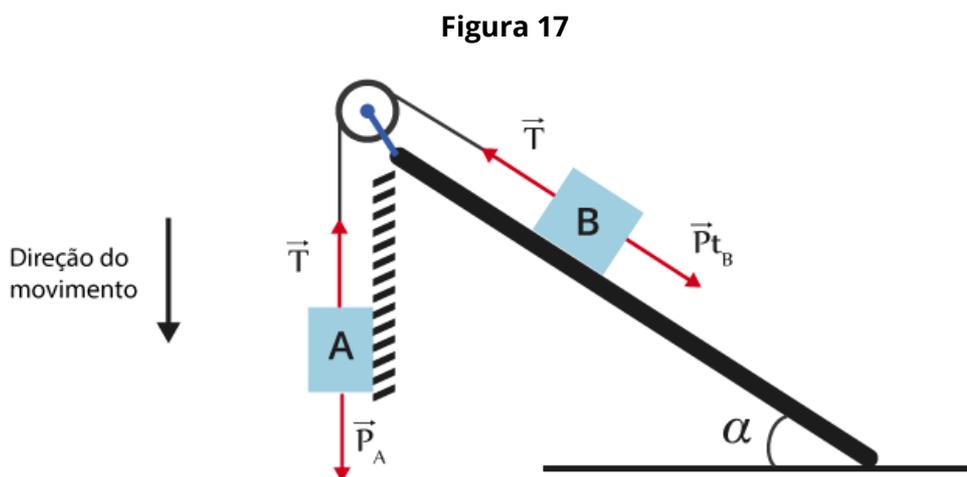
$$F_{at} = \mu \cdot N$$

A constante de proporcionalidade μ é chamada de **coeficiente de atrito**.

Vejamos como podemos aplicar esses conceitos em um exercício envolvendo blocos?

Exercício Resolvido

1 – No esquema a seguir, os blocos A e B têm massas respectivamente iguais a 6 kg e 5 kg, e a polia e o fio são ideais.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Se o bloco A estiver descendo em movimento uniforme, com aceleração gravitacional $g = 10 \text{ m/s}^2$, calcule:

(a) A intensidade de tração no fio.

(b) O módulo da força de atrito entre o plano inclinado e o bloco B.

São dados: $\text{sen } 37^\circ = 0,6$ e $\text{cos } 37^\circ = 0,8$.

Resolução 

(a) Como a velocidade é constante, $F_r = 0$ e,

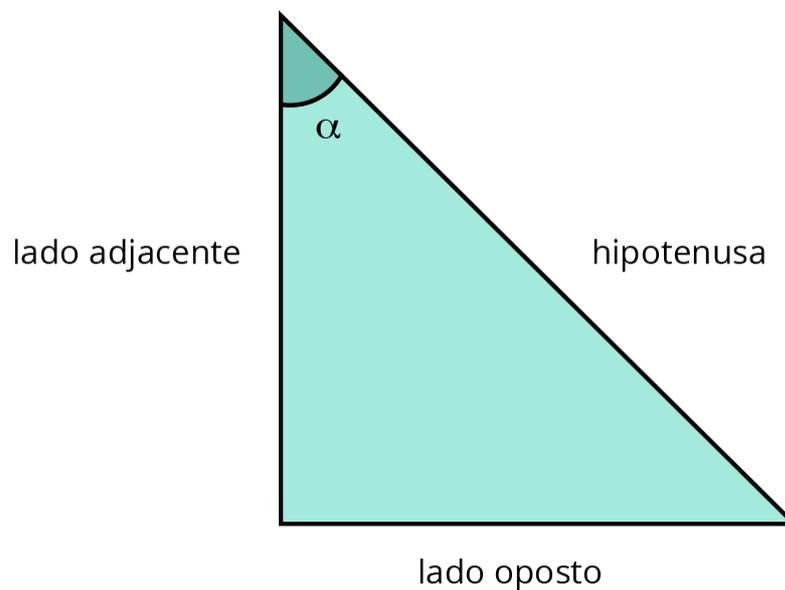
$$T = P_A = m_A \cdot g = 6 \cdot 10 = 60$$

$$T = 60N$$

(b) No bloco B, sobre o plano inclinado, as forças atuantes são:

Sabemos na trigonometria que, ao traçar um triângulo retângulo, temos as seguintes

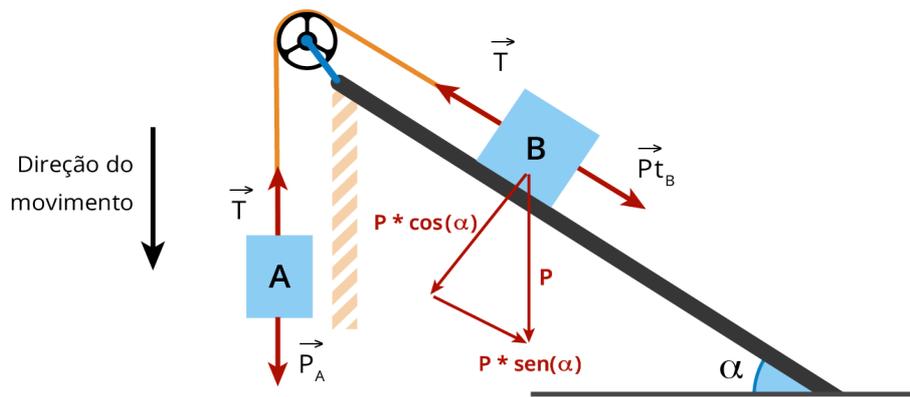
relações entre o ângulo e os lados do triângulo:



$$\textit{seno}(\alpha) = \frac{\textit{lado Oposto}}{\textit{Hipotenusa}}$$

$$\textit{cosseno}(\alpha) = \frac{\textit{lado Adjacente}}{\textit{Hipotenusa}}$$

Quando traçamos o triângulo semelhante com o da figura do exercício temos:



Logo o componente P_{t_b} corresponde ao lado do cateto oposto, ou seja:

$$P_{T_b} = P * \text{seno}(\alpha)$$

$$P_{T_b} = m_B \cdot g \cdot \text{sen}37^\circ$$

$$P_{T_b} = 5 \cdot 10 \cdot \text{sen}37^\circ$$

$$P_{T_b} = 5 \cdot 10 \cdot 0,6$$

$$P_{T_b} = 30N$$

O conjunto se move com velocidade constante:

$$F_r = 0$$

$$T = F_{at} + P_t$$

$$60 = F_{at} + 30$$

$$F_{at} = 30N$$

Resumo

Nesta aula, estudamos vários conceitos envolvendo forças. Estudamos como as forças podem ser superpostas, gerando uma força resultante sobre um corpo. Em seguida, aprendemos sobre os diferentes tipos de forças, como: **a força normal**, que é a força exercida perpendicularmente pela superfície sobre um objeto; **a força de atrito**, que é a força exercida por uma superfície sobre um corpo, com a orientação paralela à superfície; **a força de tensão (ou tração)**, que é a força de puxar exercida sobre um objeto através de uma corda; e **a força peso**, que é a força que a gravidade exerce sobre um corpo. Portanto, o estudo das forças e as interações entre os corpos é fundamental para o entendimento dos problemas da **Dinâmica**.

Leituras complementares

FEYNMAN, R. P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1999.

PALMER, Grant. **Physics for game programmers**. Apress, 2005.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Porto Alegre: ArtMed/ Bookman, 2001.

Ponte Suspensa. Disponível em: <http://ciencia.hsw.uol.com.br/pontes7.htm>. Acesso em: 01 jun. 2015.

Referências Bibliográficas

FUKE, Luiz Felipe; KAZUHITO Yamamoto. **Física para o ensino médio**, 3. Ed. São Paulo: Saraiva, 2013. 1 v.

GASPAR, Alberto. **Física**. São Paulo: Ática, 2009. 1 v.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física contexto e aplicações**, 1. ed. São Paulo: Editora Scipione, 2013. 1 v.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R.A. **Física I: Mecânica**. Tradução de Sonia Midori Yamamoto. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.