Trabalho de uma Força

Em Física, o trabalho mede a quantidade de energia que fornecemos ou retiramos de um corpo quando, devido a uma força ele efetua um deslocamento.

Então, necessitamos de energia para mover um carro (combustão de gasolina, álcool, gás, etc),

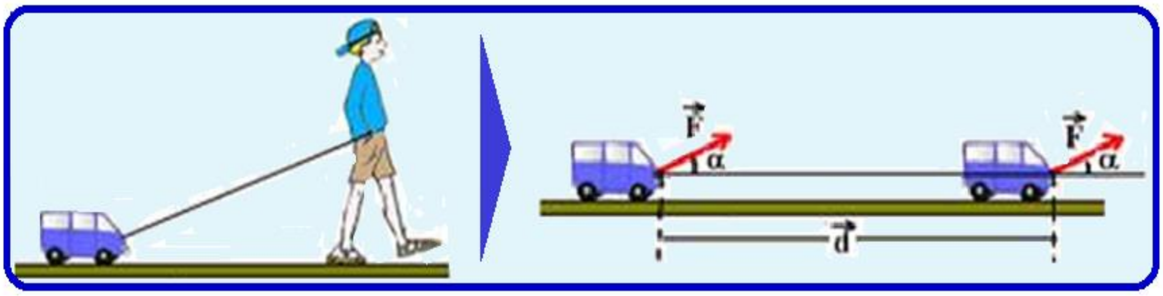
deslocar um trólebus (energia elétrica), movimentar um carrinho de supermercado (energia física com esforço do corpo humano) e realizar um trabalho.

Assim, o trabalho corresponde a uma medida da energia transferida pela aplicação de uma força no decorrer de um deslocamento.

O símbolo do trabalho é na maioria das vezes a letra W (work, em inglês) ou a letra τ (táu, letra grega).

Trabalho de uma força constante

Suponha um corpo, sob a ação de uma força constante $\vec{F}$ percorrendo uma trajetória retilínea, com a força $\vec{F}$ formando certo ângulo α com o deslocamento $\vec{d}$. A força constante $\vec{F}$ atua durante todo o deslocamento $\vec{d}$ sempre com a mesma intensidade, direção e sentido.

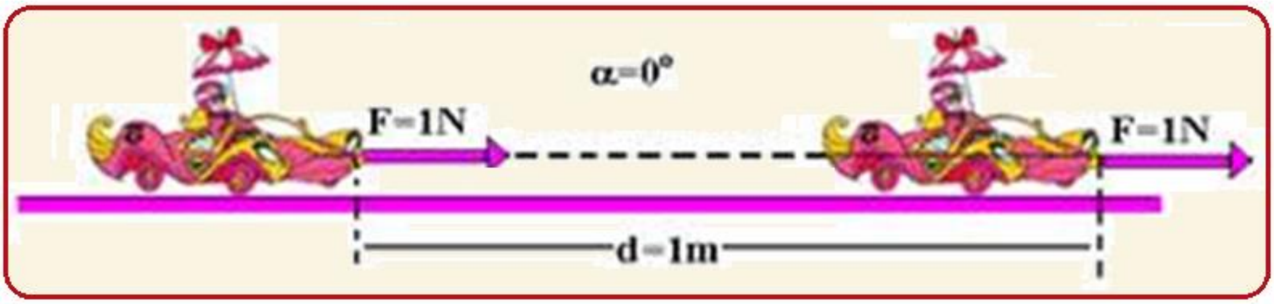


Assim, definimos trabalho W como sendo o produto da intensidade da força $\vec{F}$ pelo deslocamento $\vec{d}$ e pelo cosseno do ângulo α, ou seja:

$$\boxed{W = F.d.\cos\alpha}$$

onde a **grandeza escalar** (energia não tem direção nem sentido) **trabalho W** realizado pela força F representa a variação de energia do corpo, nessedeslocamento d. Na figura acima, essa energia é fornecida ao carrinho pelo menino.

A unidade de trabalho ou de qualquer outro tipo de energia no sistema internacional de unidades (SI) é o **joule, de símbolo (J).**



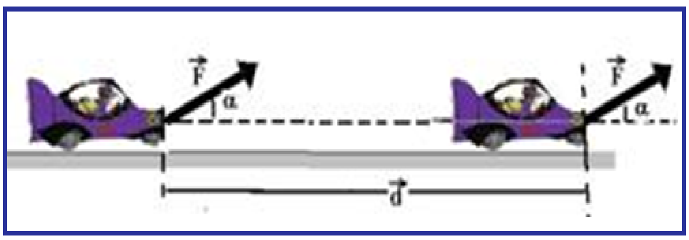
Na figura acima ➡ F = 1N ➡ d = 1m ➡ $\cos 0^{o} = 1$ ➡ W = F.d.cosα ➡ W = 1N.1m.1 ➡ **W = 1N.m** ➡ **W = 1 J.**

Um joule (J) é o trabalho realizado (energia transferida) quando uma força de 1N age sobre um corpo deslocando-o de 1m, com a força tendo a mesma direção e o mesmo sentido do deslocamento.

Sendo as intensidades de $\vec{F}$ e de $\vec{d}$ números positivos, a única grandeza da expressão W = F.d.cosα que pode ter o sinal variável é o fator cosα (entre +1 e -1),variando assim o sinal do trabalho.

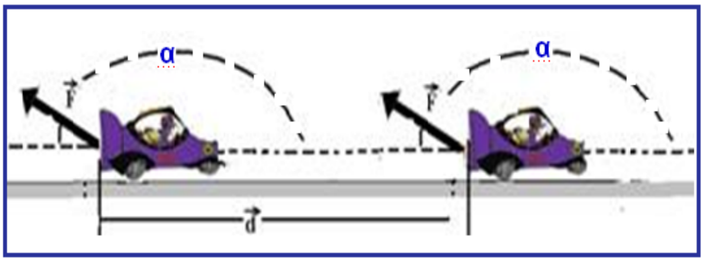
Assim, podemos selecionar três casos:

- **Trabalho motor ou ativo**



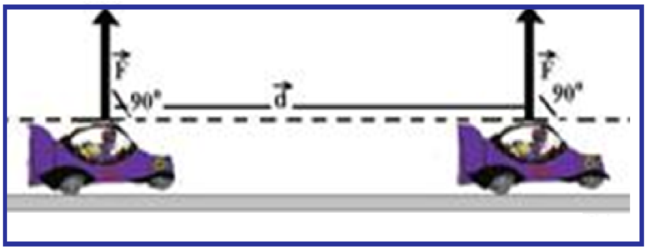
o ângulo α é agudo (varia entre 0º e 90º), então o trabalho W é positivo, pois cosα > 0. Nesse caso a força $\vec{F}$ favorece o desloca-mento e essa força (o agente que a está aplicando) **fornece energia ao corpo.**

- **Trabalho resistente ou passivo**



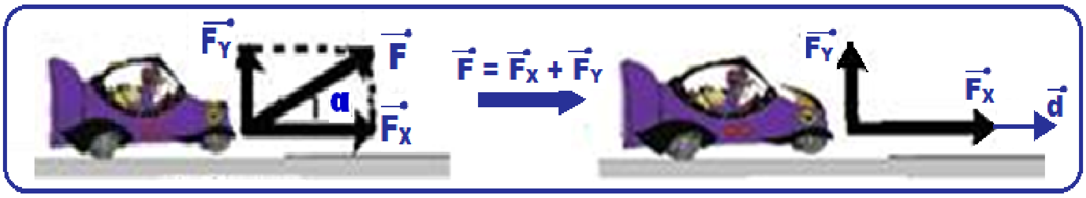
o ângulo α é obtuso (varia entre 90º e 180º), então o trabalho W é negativo, pois cosα < 0.
Nesse caso a força $\vec{F}$ se opõe ao deslocamento e essa força (o agente que a está aplicando) **retira energia do corpo.**

Trabalho nulo



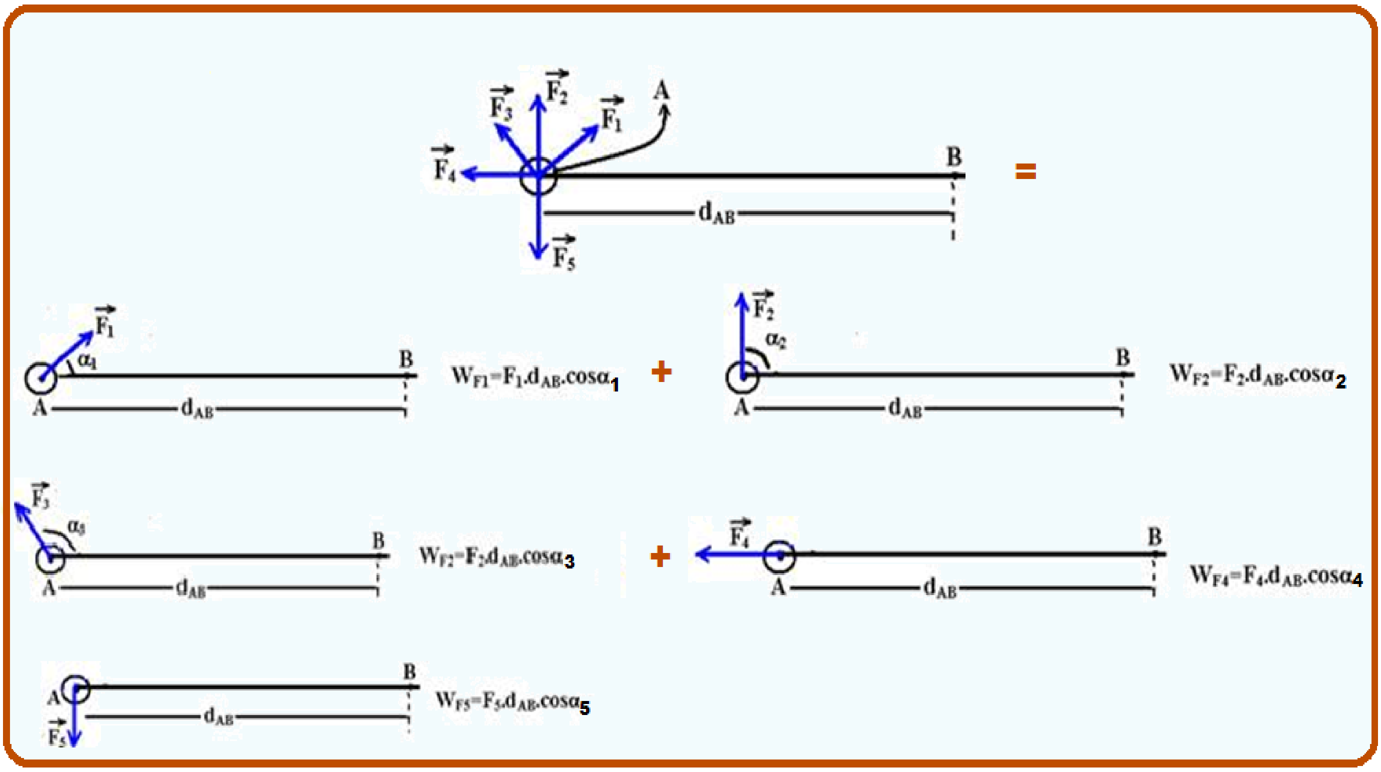
ocorre quando α = 90º ou α = 270º, pois cos90º = cos270º = 0.
Nesse caso, o trabalho é nulo, pois a força $\vec{F}$ não influi no deslocamento **não fornecendo e nem retirando energia do corpo.**

» Observe nas figuras abaixo que podemos decompor F em F_X e F_Y, sendo que quem realmente



realiza trabalho é F_X = **Fcosα**, pois é a parcela de F que efetivamente influi no deslocamento, tendo a direção e o sentido dele.
Já a parcela F_y que é **perpendicular** ao deslocamento **não realiza trabalho**, pois não influi no deslocamento.
Assim, outra expressão do trabalho pode ser W=F.d.cosα → W=F_X.d.cos0º → W = F.d.1 → **W = F.d.**

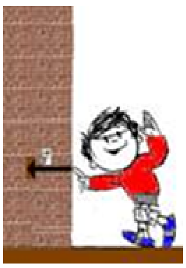
»Como o trabalho é uma grandeza escalar, se várias forças agirem sobre o corpo num mesmo deslocamento de A para B (d_{AB}), o trabalho da força resultante (W_{FR}) pode ser calculado pela soma algébrica do trabalho de cada força que age sobre o corpo isoladamente.



Assim, o trabalho realizado pela força resultante pode ser calculado pela soma algébrica $W_{FR} = W_{F1} + W_{F2} + W_{F3} + W_{F4} + W_{F5}$ ou por $W_{FR} = F_R.d_{AB}.\cos\theta$ onde F_R é a intensidade da soma vetorial $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5$ e θ é o ângulo entre a força resultante e o deslocamento.

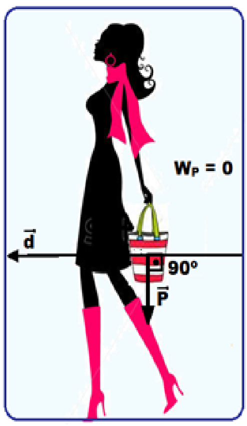
»O trabalho será nulo quando:

- A força $\vec{F}$ for nula;
- O deslocamento $\vec{d}$ for nulo.



pois muitas vezes surgem forças sem que haja deslocamento.

Exemplo: Garoto tentando empurrar um muro.

- 

O cosseno do ângulo for nulo, o que ocorre quando α = 90º ou α = 270º.

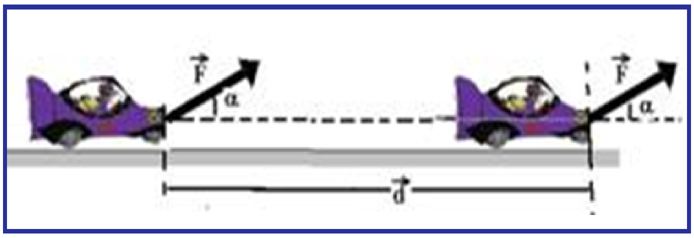
Exemplo: O trabalho da força peso da bolsa no deslocamento $\vec{d}$ é nulo.

O que você deve saber, informações e dicas

O trabalho W é o produto da intensidade da força $\vec{F}$ pelo deslocamento $\vec{d}$ e pelo cosseno do ângulo α, ou seja:

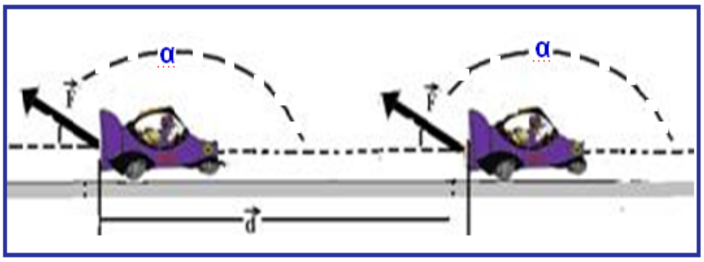
$$\boxed{W = F.d.\cos\alpha}$$

Trabalho motor ou ativo



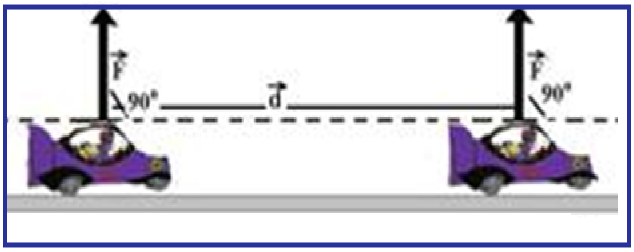
o ângulo α é agudo (varia entre 0º e 90º), então o trabalho W é positivo, pois cosα > 0.
Nesse caso a força $\vec{F}$ favorece o deslocamento e essa força (o agente que a está aplicando) **fornece energia ao corpo.**

Trabalho resistente ou passivo



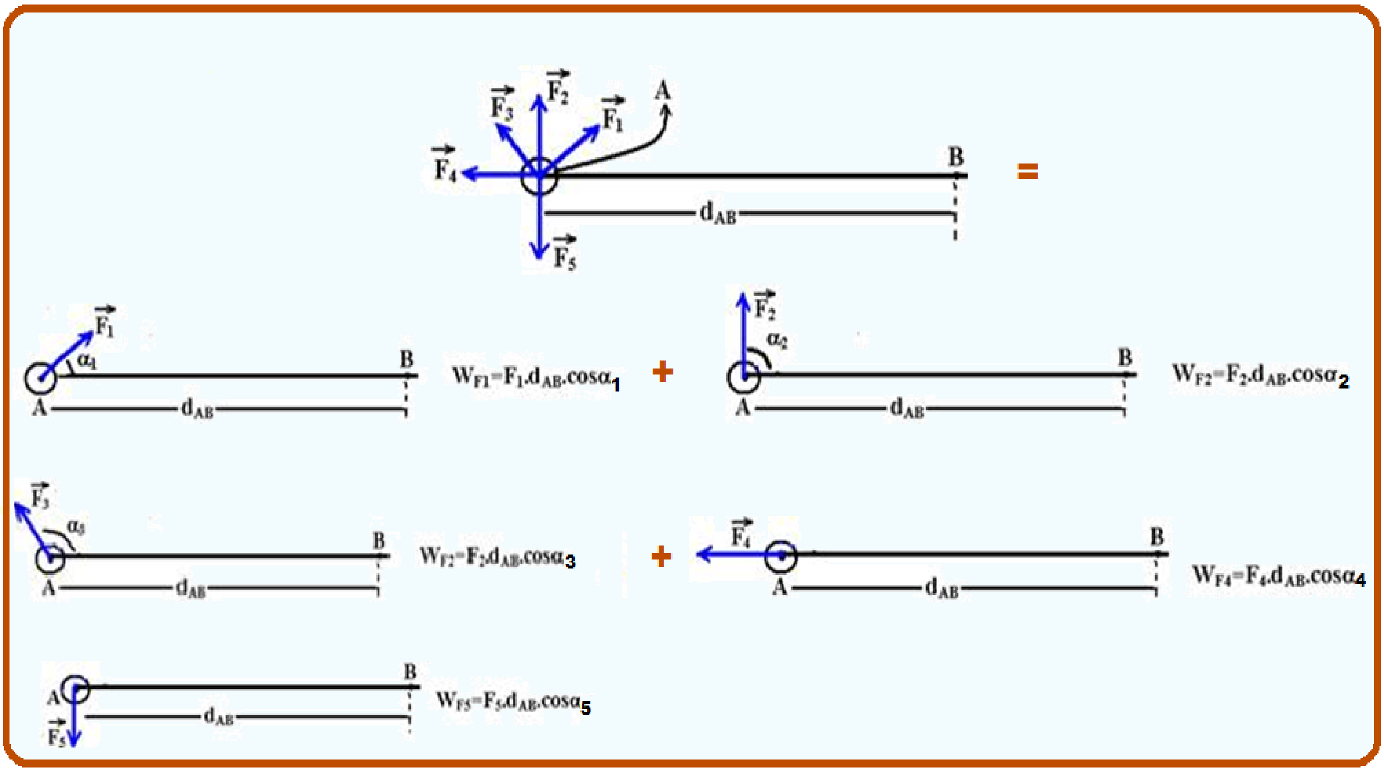
o ângulo α é obtuso (varia entre 90º e 180º), então o trabalho W é negativo, pois cosα < 0.
Nesse caso a força $\vec{F}$ se opõe ao deslocamento e essa força (o agente que a está aplicando) **retira energia do corpo.**

Trabalho nulo



ocorre quando α = 90º ou α = 270º, pois cos90º = cos270º = 0.
Nesse caso, o trabalho é nulo, pois a força $\vec{F}$ não influi no deslocamento **não fornecendo e nem retirando energia do corpo.**

Como o trabalho é uma grandeza escalar, se várias forças agirem sobre o corpo num mesmo deslocamento de A para B (d_{AB}), o trabalho da força resultante (W_{FR}) pode ser calculado pela soma algébrica do trabalho de cada força que age sobre o corpo isoladamente.



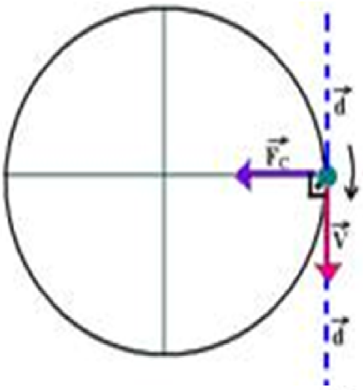
Assim, o trabalho realizado pela força resultante pode ser calculado pela soma algébrica $W_{FR} = W_{F1} + W_{F2} + W_{F3} + W_{F4} + W_{F5}$ ou por $W_{FR} = F_R.d_{AB}.\cos\theta$ onde F_R é a intensidade da soma vetorial $\vec{F}_R=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+\vec{F}_4+\vec{F}_5$ e θ é o ângulo entre a força resultante e o deslocamento.

Se o trabalho da força resultante for positivo, ele é motor e o corpo está acelerando; se for negativo, é resistente e o corpo está freando e se for nulo, o corpo está em MRU.

O trabalho sempre é realizado num deslocamento $\vec{d}$, compreendido entre dois pontos.

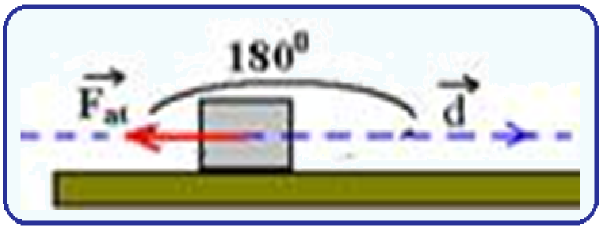
O trabalho é sempre de uma força aplicada num corpo por um agente externo que lhe fornece ou retira energia.

Sendo o trabalho o produto das intensidades de $\vec{F}$ e de $\vec{d}$ pelo cosseno do ângulo, que são grandezas escalares, ele é uma grandeza escalar (tem apenas intensidade, não tendo direção nem sentido).



O trabalho realizado pela força resultante centrípeta $\vec{F}_C$ é **sempre nulo,** pois ela é sempre perpendicular à velocidade $\vec{V}$ (que é sempre tangente em cada ponto da circunferência) e consequentemente ao deslocamento $\vec{d}$.

Trabalho da força de atrito:

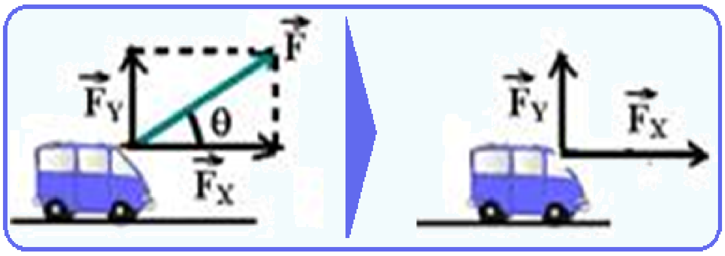


Como a força de atrito $\vec{F}_{at}$ é sempre contrária ao deslocamento $\vec{d}$, o ângulo entre eles vale 180° e ($\cos 180° = -1$).

Assim, o trabalho da força de atrito será **sempre negativo**, pois $W_{Fat} = F_{at}.d.\cos 180^0$ ▶ $W_{Fat}=F_{at}.d.(-1)$ ▶ $\boxed{W_{Fat}= - F_{at}.d}$

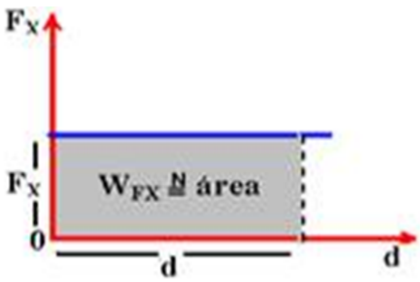
Trabalho de uma força variável

Na figura abaixo, o trabalho da força $\vec{F}$ é calculado apenas pela componente $\vec{F}_X$, que é na direção e sentido do deslocamento, já que o trabalho de $\vec{F}_Y$ é nulo (θ = 90°, $\cos 90° = 0$).



$W_{FX} = F_X.d.\cos\theta$ ▶ $W_{FX} = F_X.d.\cos 0°$ ▶ $W_{FX} = F_X.d.(1)$ ▶ $W_{FX} = F_X.d$ (I)

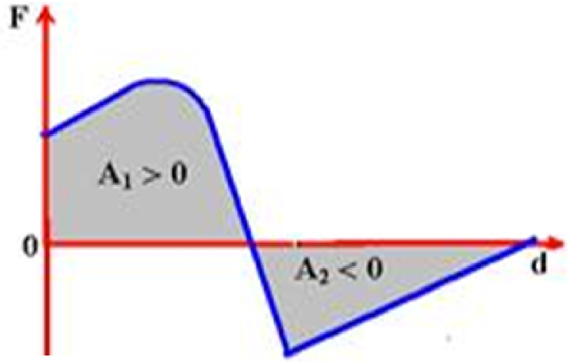
Sendo F_X constante, o gráfico F_X X d será uma reta paralela ao eixo dos deslocamentos.



Área do retângulo hachurado ▶ $A = F_X.d$ (II)

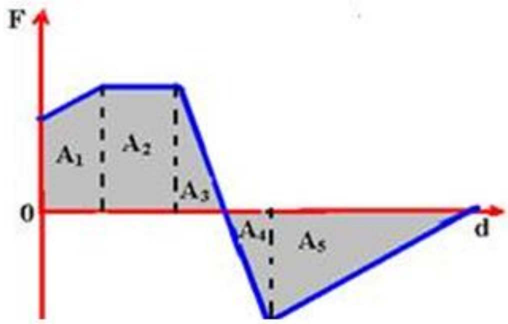
Comparando I com II, verificamos que são iguais e, portanto o trabalho realizado é numericamente igual à área ▶ $W_{FX} = W_F \overset{N}{=}$ área.

Essa propriedade é válida para todos os casos, inclusive em que a força $\vec{F}$ é variável e para qualquer trajetória.



$$W_{F(total)} = W_1 + (-W_2)$$
$$W_{F(total)} = W_1 - W_2$$
$$W_{F(total)} = \text{área 1} - \text{área 2}$$

Assim, em todo gráfico da força F em função do deslocamento d, o trabalho realizado pela força F é **numericamente igual à área** compreendida entre a reta representativa (linha cheia) e o eixo do deslocamento.

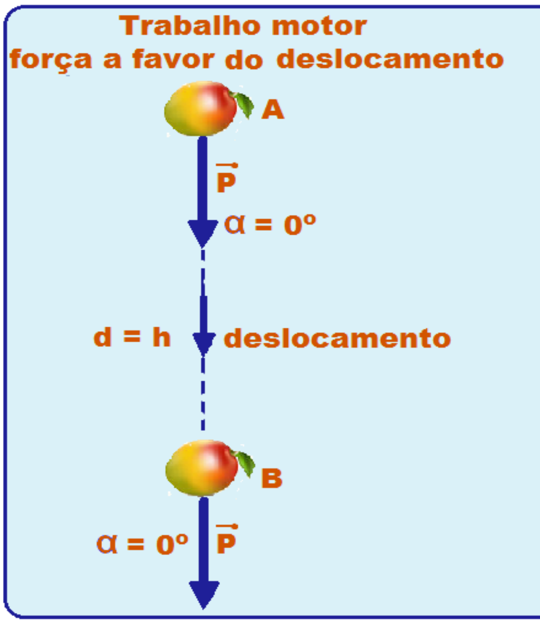


$$W_{F(total)} = \text{área 1} + \text{área 2} + \text{área3} - \text{área 4} - \text{área 5}$$

Trabalho da Força Peso

Um corpo de peso $\vec{P}$ e massa m efetua um deslocamento vertical d = h, entre dois pontos A e B. Vamos calcular o trabalho da força peso nesse deslocamentoquando:

a) O corpo se desloca de A para B, ou seja, está descendo e $\alpha = 0^o$:

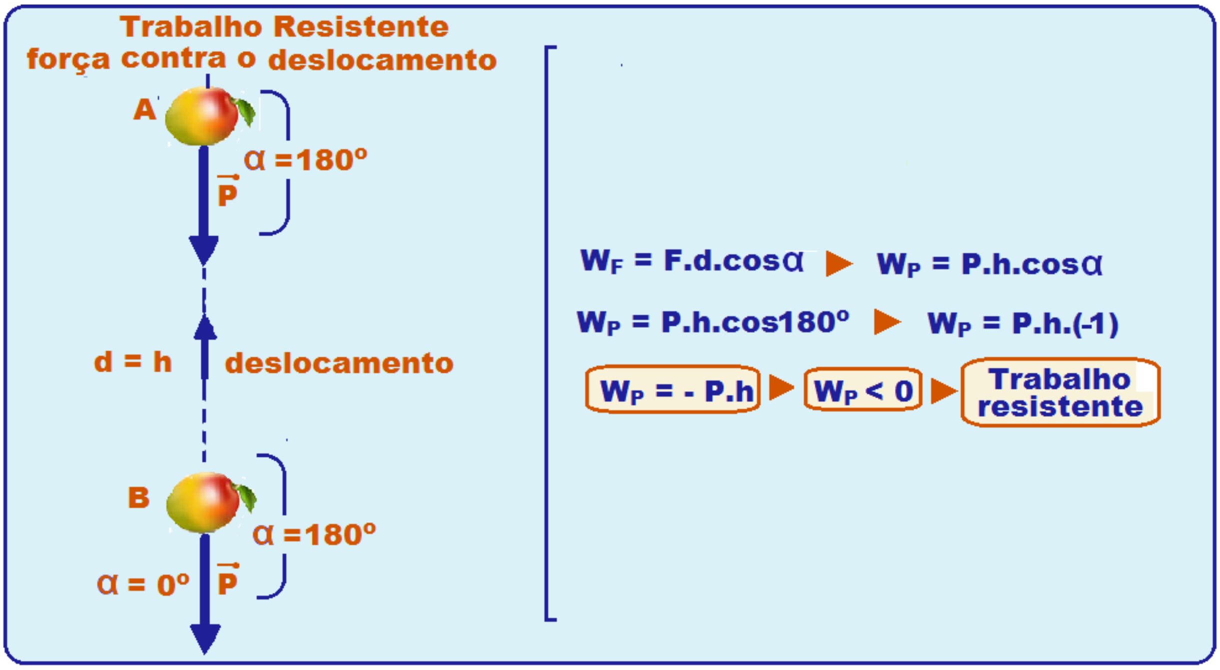


$W_F = F.d.\cos\alpha$ ▶ $W_P = P.h.\cos\alpha$

$W_P = P.h.\cos 0^o$ ▶ $W_P = P.h.(1)$

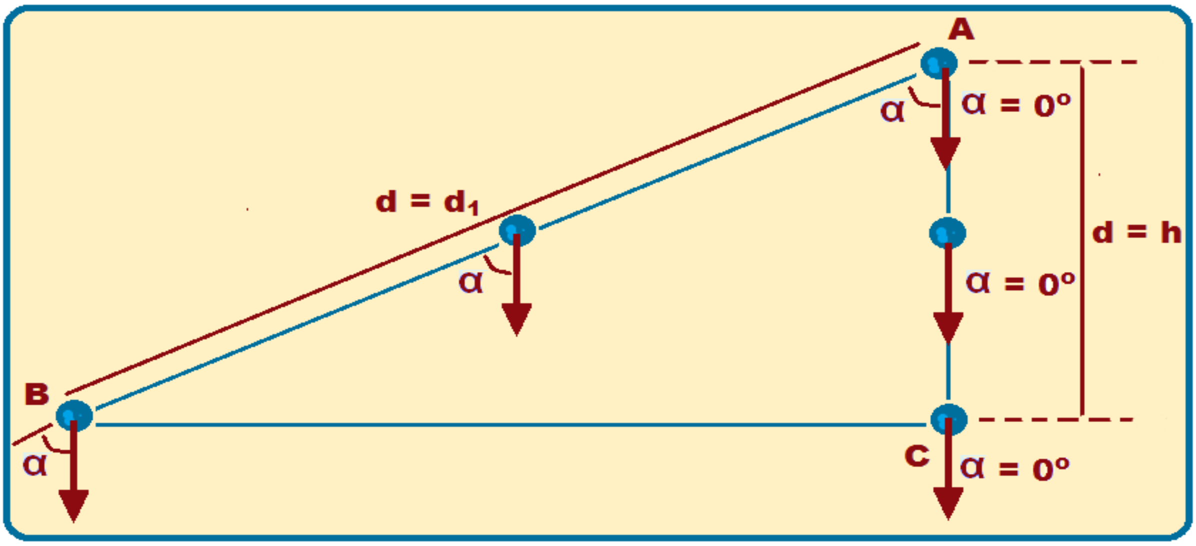
$\boxed{W_P = P.h}$ ▶ $\boxed{W_P > 0}$ ▶ $\boxed{\text{Trabalho Motor}}$

b) O corpo se desloca de B para A, ou seja, está subindo com α = 180°.



O trabalho da força peso é positivo na descida, negativo na subida e nulo num deslocamento horizontal.

Vamos provar que o trabalho da força peso não depende da trajetória percorrida pelo corpo. Considere o ponto material de massa m da figura abaixo se deslocando sob ação da força peso:



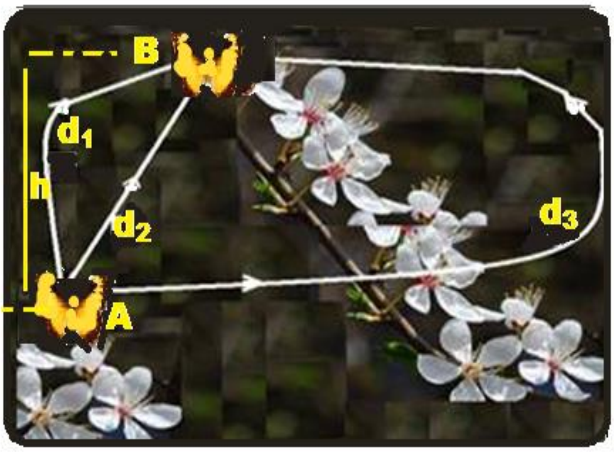
Cálculo do trabalho realizado pela força peso, de A para B, efetuando o deslocamento d = d_1

W_{AB} = P.d_1.cosa α (I) ➡ no triângulo ABC ➡ cosα = h/d_1 (II) ➡ substituindo II em I ➡ W_{AB} = P.d_1.h/d_1 ➡ **W_{AB} = P.h ou W_{AB} = m.g.h** ➡ trabalho realizado pela força peso para levar o ponto material no deslocamento de A até B.

Cálculo do trabalho realizado pela força peso, de A até C, efetuando o deslocamento d = h.

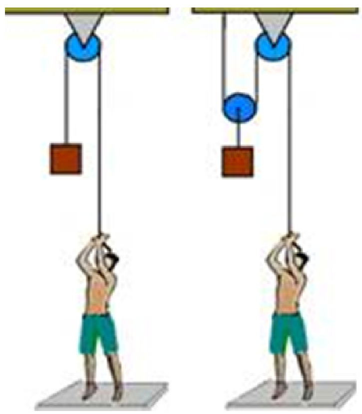
$W_{AC} = P.h.\cos 0^o$ ➨ $W_{AC} = P.h.(1)$ ➨ **$W_{AC} = P.h$ ou $W_{AC} = m.g.h$** ➨ trabalho realizado pela força peso para levar o ponto material de A até C.

Observe que $W_{AB} = W_{AC}$, ou seja, o trabalho realizado pela força peso não depende da trajetória percorrida pelo ponto material.



Assim, o trabalho realizado pela força peso da borboleta da figura no deslocamento de A para B é o mesmo nos deslocamentos d_1, d_2 e d_3 e vale **$W = P.h$ ou $W = m.g.h$** onde h é a altura vertical entre A e B e esse trabalho é positivo na descida e negativo na subida.

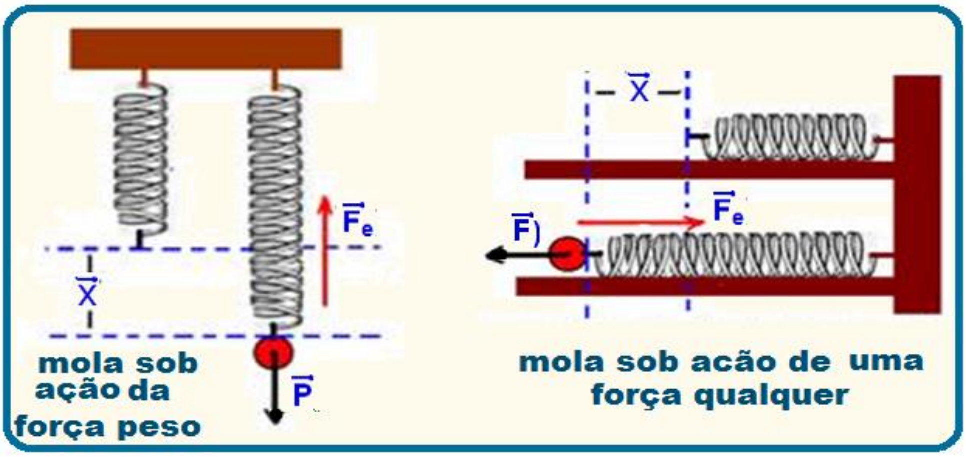
O **trabalho** realizado (energia transferida) para elevar o mesmo bloco a uma mesma altura com



velocidade constante **é o mesmo** nas duas figuras, mas a força mínima exercida pelo homem **é** menor na figura da direita, já que o deslocamento é maior (no caso, a polia móvel dobra o deslocamento e reduz a força à metade)

Trabalho da força elástica

Considere uma mola ideal sofrendo uma deformação $\vec{X}$ quando sujeita a uma força que pode ser o peso ($\vec{P}$) de um corpo pendurado ou uma força externa ($\vec{F}$) qualquer.

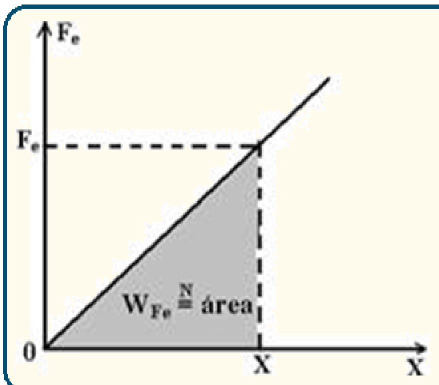


Em qualquer um dos dois casos surge sobre a mola uma força elástica ($\vec{F}_e$), de sentido contrário ao deslocamento, e que tende a fazer com que a mola retorne à posição normal (inicial).

Comprova-se experimentalmente que essa força elástica ($\vec{F}_e$), tem intensidade diretamente proporcional à deformação ($\vec{X}$) da mola, ou seja, que:

$$\boxed{F_e = k.X}$$

Na expressão acima, k é a constante elástica da mola. Como F_e é diretamente proporcional a X, o gráfico F_{e3} x X será uma reta oblíqua.



Para calcular o trabalho da força elástica, basta determinar a área hachurada, pois em todo o gráfico F x d o trabalho é numericamente igual à área, no caso a área do triângulo.

Área =W= b.h/2 ► W_{Fe} = X.F_e/2 = X.k.X/2 ►

$$\boxed{W_{Fe} = \frac{k.x^2}{2}}$$ ► trabalho realizado pela força elástica

O trabalho da força elástica será resistente (negativo) se a deformação X for forçada, ou seja, uma força externa estará alongando (esticando) ou comprimindo a mola e, nesse caso, o trabalho da força externa terá em cada ponto a mesma intensidade (módulo) que o trabalho da força elástica, mas que será positivo.

O trabalho da força elástica será motor (positivo), se não existir força externa, com a mola tendendo naturalmente à voltar à posição inicial (de equilíbrio).

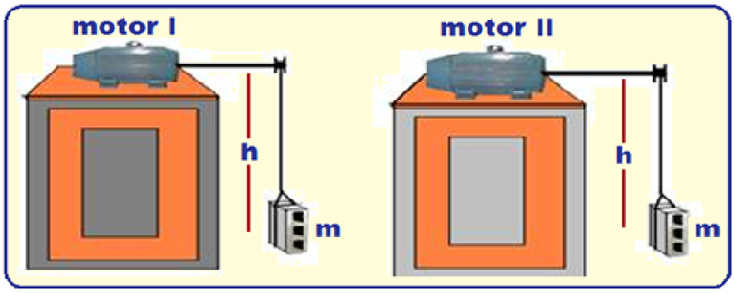
O trabalho da força elástica, assim com o trabalho da força peso independe da trajetória e, por isso a força peso e força elástica são chamadas de forças conservativas.

Assim, em relação à posição de equilíbrio de uma mola, o trabalho realizado para comprimi-la por uma distância X é igual ao trabalho para distendê-la da mesma distância X.

Potência de uma força

Potência de uma força

A potência de uma força corresponde à rapidez com que o trabalho é realizado, ou seja, com que a energia é transformada.



Se um motor I eleva um bloco de massa m, com velocidade constante, a uma altura h em 10s e outro motor II eleva o mesmo bloco de mesma massa m a uma mesma altura h em 5s, então o trabalho realizado (energia transformada) pelos dois motores é o mesmo, pois W = Ph ou W = m.g.h, mas, o motor II tem o dobro da potência do motor I, pois realiza o mesmo trabalho em menor tempo.

Assim, definimos potência média (P_m) como sendo a grandeza escalar fornecida pela relação:

$$\boxed{P_m = \frac{W}{\Delta t}}$$

onde W é o trabalho (medido,no SI, em J) realizado no intervalo de tempo Δt (medido, no SI, em s).

A unidade de potência no sistema internacional de unidades (SI) é o **watt (W)** em homenagem a James Watt e que é definida como a potência de um sistema capaz de realizar um trabalho de um joule (1 J) em um segundo (1s).

$\boxed{1\,W = \frac{1\,J}{1\,s}}$ ➡ Temos ainda outras unidades de potência ➡ 1CV = 735,5W e 1HP = 746W.

O que você deve saber, informações e dicas

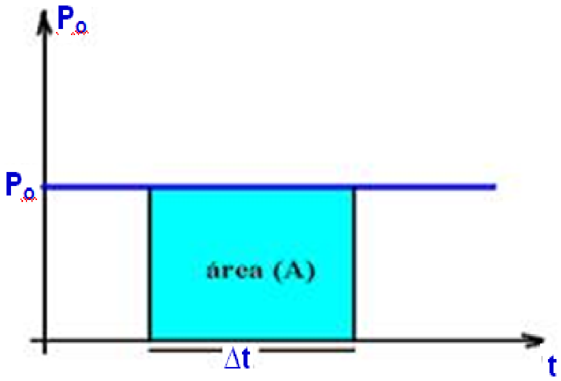
$\boxed{P_m = \frac{W}{\Delta t}}$

- P_m → potência média, medida no SI em watt (W) e mede a rapidez com que o trabalho é realizado (a energia é transferida)
- W → trabalho, medido no SI em joules (J)
- Δt → intervalo de tempo em que o trabalho é realizado, medido no SI em segundo s.

$$\boxed{1\,W = \frac{1\,J}{1\,s}}$$

1W é definida como a potência de um sistema capaz de realizar um trabalho de um joule (1 J) em um segundo (1s).

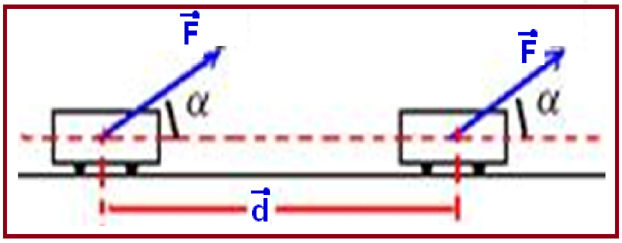
Característica do gráfico da potência em função do tempo



Se a potência for constante, o gráfico da potência P_o em função do tempo t será o da figura.
Área do retângulo = $P_o.\Delta t$ (I) → $P_o = W/\Delta t$ → $W = P_o$.D II) → observe que (I) = (II) → assim em todo **gráfico** $P_o \times \Delta t$, o **trabalho realizado é numericamente igual a área**, mesmo que a **potência seja variável.**

Relação entre potência média (P_m) e velocidade média (V_m)

Considere uma força constante de intensidade F realizando um trabalho W num deslocamento d, de modo que a direção de F forme um ângulo α com a direção do deslocamento.



O trabalho realizado pela força $\vec{F}$ neste deslocamento d é fornecido por $W = F.d.\cos\alpha$ e a respectiva potência média por $P_m = W/\Delta t$ → $P_m = F.d.\cos\alpha/\Delta t$ → $V_m = d/\Delta t$ → $\mathbf{P_m = F.V_m.\cos\alpha}$ → se $\vec{F}$ e $\vec{V}_m$ tiverem a mesma direção (α = 0°), teremos → $P_m = F.V_m.\cos 0°$

$$\boxed{P_m = F.V_m.}$$

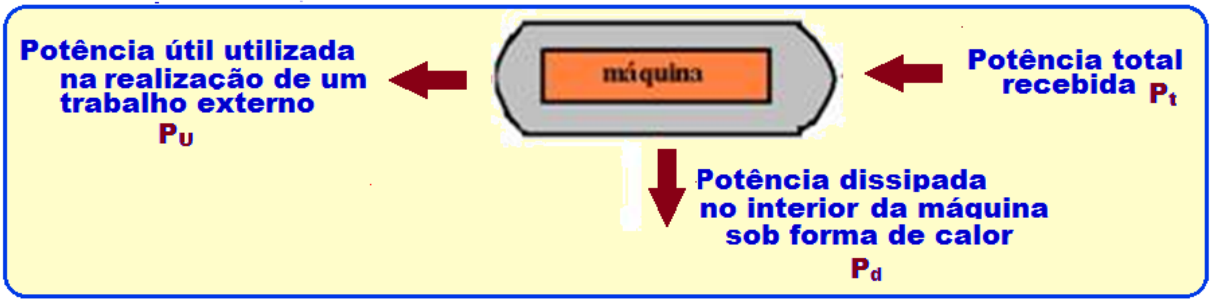
A potência instantânea P_o é obtida substituindo-se a velocidade média V_m pela instantânea V —

$$\mathbf{P_o = F.V}$$

Rendimento de uma máquina

Considere uma determinada máquina realizando certo trabalho. A potência útil (P_u) é a potência que a máquina utiliza na realização de um trabalho externo;

apotência dissipada (P_d) corresponde à potência não aproveitada, transformada no interior da máquina em energia térmica (calor).



Para poder realizar o trabalho útil (externo), a máquina deve receber uma potência total (P_t), que deve valer: $P_t = P_d + P_u$.

Portanto, da potência total fornecida à máquina só uma porcentagem, potência útil é aproveitada, pois parte dela é perdida (potência dissipada). Assim, rendimento (η – letra grega eta) de uma máquina é sua capacidade de realização de determinado trabalho e é definido como sendo a razão entre a potência útil (P_u) e a potência total (P_t):

$$\boxed{\eta = \frac{P_u \text{ (menor)}}{P_t \text{ (maior)}}} \quad \text{ou} \rightarrow \quad \eta = \frac{\frac{W_u}{\cancel{\Delta t}}}{\frac{W_t}{\cancel{\Delta t}}} \rightarrow \quad \boxed{\eta = \frac{W_u \text{ (menor)}}{W_t \text{ (maior)}}}$$

Então, por exemplo, se o motor de um carro estiver bem regulado ele apresentará maior rendimento, percorrendo uma distancia maior com a mesma quantidade de combustível que outro carro de mesmas características, mas com o motor desregulado.

Como o rendimento é uma relação entre duas grandezas de mesmas unidades, elas se cancelam e ele não terá unidade (grandeza adimensional).

Sendo P_u sempre menor que P_t, η sempre será menor que 1, que normalmente é multiplicado por 100, sendo assim expresso em porcentagem.