





# TRABALHO E ENERGIA

Entenda o significado físico de trabalho, os três tipos de energia mecânica e como podemos trabalhar com essas energias em sistemas conservativos e dissipativos.

**Esta subárea é composta pelos módulos:**

## 1. Trabalho, Potência e Energia Mecânica



# TRABALHO, ENERGIA E MECÂNICA

## TRABALHO

O conceito físico de trabalho difere do conceito de trabalho que usamos no dia a dia. Na física, quando falamos em trabalho, estamos nos referindo ao trabalho de uma força. Esse trabalho consiste em uma transferência de energia que ocorre quando uma força que atua sobre um corpo é responsável por causar um deslocamento desse corpo.

Dessa forma, para haver trabalho, é preciso existir tanto uma força quanto um deslocamento provocado por essa força. Matematicamente, o trabalho é representado pela letra grega  $\tau$  (tau) e é dado pela seguinte expressão:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos(\theta)$$

$F$  é o módulo da força aplicada,  $d$  é o deslocamento escalar e  $\theta$  é o ângulo entre os vetores força e deslocamento.

Veja que o cosseno do ângulo  $\theta$  indica que, além da dependência da força e do deslocamento, o trabalho também depende da posição dessas grandezas vetoriais..

Imagine a seguinte situação: você está empurrando um armário sobre o chão. Esse chão possui atrito (como qualquer outro que não seja um chão dos exercícios ideais de física). Vamos usar a trigonometria a nosso favor para lembrar alguns casos especiais do cosseno.

Um ângulo de 0 graus possui o valor do cosseno igual a 1. E sabemos que esse é o maior valor que o cosseno pode assumir (pois os valores de cosseno vão de -1 até 1). Portanto, quando o ângulo entre a força e o deslocamento é 0, o trabalho realizado por essa força será máximo. Se, na situação do armário que consideramos, a força que você exerce tem a mesma direção e sentido com que o armário se desloca, isso significa que o ângulo entre eles é nulo. Como vimos, o trabalho dessa força é máximo, pois  $\cos(0) = 1$ . Então, podemos escrever o trabalho simplesmente como  $F \cdot d$ . Essa é uma situação em que o trabalho está auxiliando o deslocamento do armário. Chamamos esse tipo de trabalho de trabalho motor.

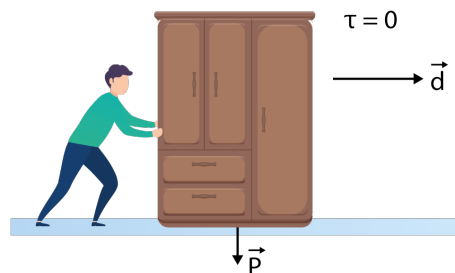


E se, nesse mesmo exemplo, quiséssemos calcular o trabalho realizado por alguma outra força envolvida? Como o peso do armário, por exemplo. Primeiramente, vamos analisar





o ângulo entre esses dois vetores. Como estamos considerando que o chão é horizontal (que é a direção do deslocamento), então o ângulo entre os vetores peso e deslocamento é  $90^\circ$ . E sabemos que o cosseno de  $90^\circ$  é igual a 0. Logo  $\tau = F \cdot d \cdot \cos(\theta) = F \cdot d \cdot 0 = 0$ . Isso significa que, nessa situação, **o peso não realiza trabalho**.



É interessante notar que o trabalho realizado pela força normal que o chão exerce sobre o armário também é nulo, pois essa força e o deslocamento são ortogonais (formam  $90^\circ$ ).

Para um último caso notável, vamos analisar o trabalho realizado pela força de atrito. Perceba que o ângulo entre o deslocamento do armário e a força de atrito é de  $180^\circ$ . Ou seja, esses dois vetores estão na mesma direção, mas possuem sentidos contrários. O cosseno, nesse caso, vale  $-1$ . Esse é o menor valor possível para o cosseno, como havíamos comentado. Podemos escrever então o trabalho, nesse caso, da seguinte forma:  $\tau = F \cdot d \cdot \cos(180^\circ) = F \cdot d \cdot (-1) = -F \cdot d$ .

Isso significa que o trabalho exercido pela força de atrito será negativo. Fisicamente, isso significa que essa força está dificultando o deslocamento do armário. Ela está oferecendo uma resistência. Dizemos que esse tipo de trabalho é um trabalho resistente.



Para outros ângulos entre força e deslocamento, você deverá multiplicar o módulo da força pelo deslocamento escalar e pelo cosseno desse ângulo. Foi exatamente o que foi feito nos exemplos acima, mas esses exemplos foram casos particulares.

Perceba que para ângulos no primeiro e no quarto quadrante, o valor do trabalho será positivo. Já para ângulos no segundo e no terceiro quadrante, o trabalho será negativo.

No Sistema Internacional, a unidade de trabalho é a mesma unidade de outras formas de energia: joule (J), que corresponde a  $N \cdot m$ .

## POTÊNCIA

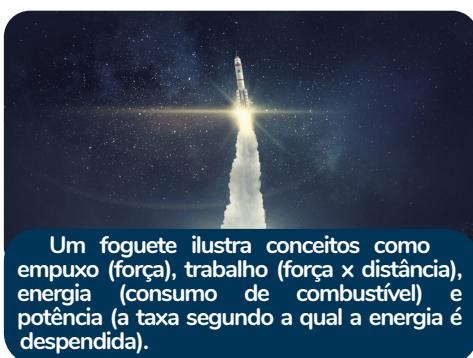
Existe uma grandeza física que nos dá uma ideia do quão rapidamente um objeto realiza trabalho. No exemplo em que você empurra o armário ao longo do chão, o trabalho é o mesmo para certo deslocamento, independentemente se você faz isso rapidamente ou de forma mais lenta.



Para o caso em que o trabalho é realizado em um intervalo de tempo menor, dizemos que a potência para realizar esse trabalho é maior.

Se você demorasse mais para deslocar esse armário, a potência para realizar esse trabalho seria menor. Vemos então que há uma relação inversa entre a potência e o tempo gasto para realizar o trabalho. Definimos a potência da seguinte forma:

$$P = \frac{W}{t}$$



A unidade de potência é o **joule por segundo (J/s)**, também conhecido como **watt** (em homenagem a James Watt, o inventor da máquina a vapor do século XVIII).

## ENERGIA MECÂNICA



Quando uma arqueira realiza trabalho para esticar um arco, este adquire a capacidade de realizar trabalho sobre a flecha. Nesse caso, algo foi ganho. Esse “algo” dado ao objeto que capacitou-o a realizar trabalho é chamado de energia. Como o trabalho, a energia é medida em joules, conforme vimos anteriormente.

A energia aparece em várias formas: energia elétrica, energia luminosa, energia térmica, energia mecânica... Focaremos nosso estudo agora na energia mecânica, essa pode estar na forma de **energia potencial** (energia armazenada devido à posição de algo), **energia cinética** (energia devido ao movimento de algo) ou na soma dessas duas energias. Estudaremos os outros tipos de energia nos próximos programas de estudo.

### Energia Potencial

Um objeto pode armazenar energia por conta de sua posição. A energia armazenada e mantida pronta para ser utilizada é chamada de energia potencial (EP), pois ao ser armazenada, ela tem potencial para realizar trabalho. Por exemplo: uma mola distendida ou comprimida tem o potencial de realizar trabalho. Quando um arco é vergado, é armazenada energia nele, podendo então realizar trabalho sobre a flecha.



É preciso realizar trabalho para erguer objetos contra a gravidade da Terra. A energia de um corpo devido à sua posição elevada é chamada de **energia potencial gravitacional**. A água numa caixa elevada possui energia potencial gravitacional.



A quantidade dessa energia que um objeto elevado possui é igual ao trabalho realizado contra a gravidade para erguê-lo. O trabalho realizado é igual à força necessária para movê-lo para cima multiplicado pela distância vertical na qual ele foi deslocado (lembre-se de que  $\tau = \mathbf{F} \cdot \mathbf{d}$ ). A força para cima necessária para se mover com velocidade constante é igual ao peso do objeto,  $\mathbf{P} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$ , de modo que o trabalho realizado para erguê-lo em uma altura  $h$  é igual ao produto  $\mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}$ :

$$EP = mgh$$

Note que a altura  $h$  é a distância acima de algum nível de referência, como o chão ou um piso de algum andar de um prédio. A energia potencial gravitacional,  $\mathbf{m} \cdot \mathbf{g} \cdot \mathbf{h}$ , é relativa àquele nível e depende apenas de  $\mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$  e da altura  $\mathbf{h}$ .

Quando falamos de energia mecânica, existe também a energia potencial elástica, que é a energia armazenada numa corda, numa mola ou em qualquer outro corpo que apresente elasticidade.

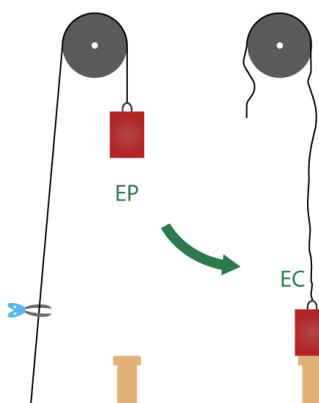
A energia potencial elástica é definida como:

$$Eel = \frac{1}{2} kx^2$$

### Energia Cinética

Se um objeto está em movimento, então ele é capaz de realizar trabalho. Ele possui uma energia associada ao movimento, chamamos essa de energia cinética (EC). A energia cinética de um objeto depende de sua massa e de sua velocidade. Ela é representada matematicamente da seguinte forma:

$$EC = \frac{1}{2} mv^2$$



A energia potencial da caixa elevada é convertida em energia cinética quando ela é solta.

### O TEOREMA TRABALHO-ENERGIA

Quando um carro acelera, a energia cinética que ele adquire provém do trabalho que foi realizado sobre ele. Já quando um carro torna-se mais lento, é porque um trabalho foi realizado para reduzir sua energia cinética. Podemos então afirmar que:

$$\text{Trabalho} = \Delta EC$$





-  contato@biologiatotal.com.br
-  /biologiajubulut
-  Biologia Total com Prof. Jubilut
-  @biologiatotaloficial
-  @Prof\_jubilut
-  biologijubilut

