

Dinâmica

Assunto: Trabalho e Energia

Aula 01 – Trabalho de uma força constante ou variável

Para acompanhar esta aula em vídeo, vá na aba Aulas e clique em Dinâmica – [aula 01](#)

Trabalho e Energia:

Embora não se tenha uma definição de energia, podemos dizer que a presença de energia implica a possibilidade de produzir movimento. A energia que uma pessoa armazena ao alimentar-se, por exemplo, possibilita o funcionamento de seus órgãos, permite que ela se movimente e mova outros corpos. A energia dos combustíveis usados nos automóveis também possibilita seus movimentos. Da mesma forma, a energia elétrica produzida por uma bateria possibilita o movimento de elétrons em fios condutores.

É de fundamental importância o Princípio da Conservação da Energia: não se cria nem se destrói energia; o que ocorre frequentemente é a **conversão** de uma modalidade de energia em outra.

Para exemplificar conversões de energia, consideremos uma mola elástica relaxada, ou seja, não deformada (**figura 1**).

Uma pessoa gasta uma parcela de sua energia para comprimir essa mola. Para isso, exerce na mola uma **força** e provoca um **deslocamento** de sua extremidade: dizemos que essa força realiza um **trabalho**. Esse trabalho corresponde à energia transferida da pessoa para a mola. A (**figura 2**) representa um carrinho **C**, colocado junto à mola comprimida. Ele só não se move porque a trava **T** não permite.

A mola comprimida armazena de fato energia, já que é capaz de produzir movimento. Essa energia, porém, não se manifesta, a menos que se retire a trava **T**. Por isso, a energia armazenada na mola é denominada **energia potencial**, isto é, que pode manifestar-se. O nome completo dessa energia é **energia potencial elástica** E_{pe} , porque está armazenada num corpo elástico deformado.

Retirando a trava, a energia potencial da mola se manifesta, a mola se distende exercendo uma **força** no carrinho e produzindo um **deslocamento**. Novamente temos uma força realizando **trabalho**, e esse trabalho corresponde à energia transferida da mola para o carrinho (**figura 3**).

A energia que o carrinho adquiriu é denominada **energia cinética** (E_c): é a energia que um corpo possui por estar em movimento.

Em um ponto qualquer entre a mínima deformação da mola e a máxima deformação da mola, teremos no problema as duas energias juntas, a cinética referente ao movimento do carrinho e a potencial referente a compressão da mola. A soma destas duas energias chamamos de energia mecânica.

$$E_m = E_c + E_p$$

É importante salientar que tanto o trabalho como as diversas formas de energia são grandezas escalares. Apesar de falar no início que não se tem uma definição de energia, enxergo energia como a capacidade de se realizar trabalho. Tudo que falei anteriormente será estudado em seus mínimos detalhes mais adiante.

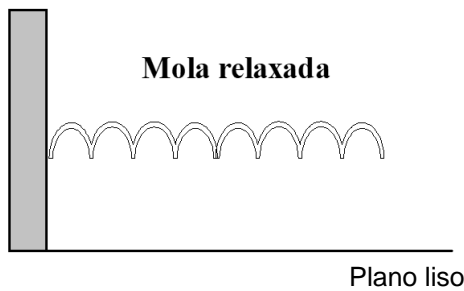


Figura 1

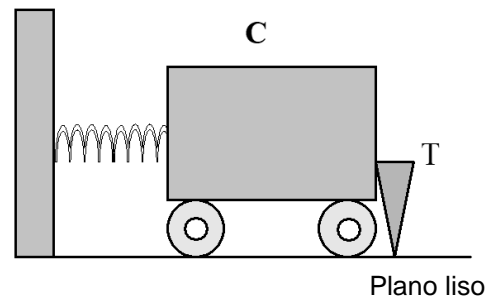


Figura 2

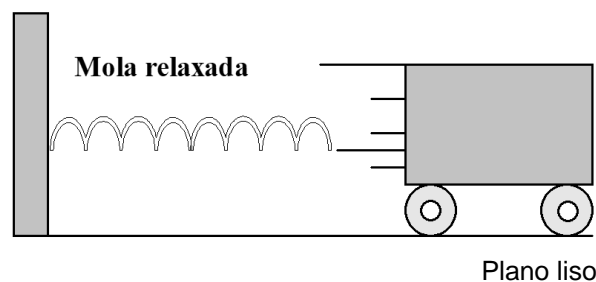
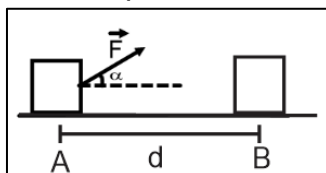


Figura 3

Trabalho de uma Força Constante: Consideremos uma força constante F atuando numa partícula, enquanto ela sofre um deslocamento d , do ponto A ao ponto B. O trabalho realizado por essa força nesse deslocamento, sendo θ o ângulo entre F e d , é a grandeza escalar τ , definida por:



$$\tau = F \cdot d \cdot \cos \alpha$$

Unidade no **SI**: joule = J \leftrightarrow (J = N . m)

Casos particulares:

- Se $\theta = 0$: $\tau = F \cdot d \cdot \cos 0^\circ = +F \cdot d$ (uma vez que $\cos 0^\circ = 1$) (Trabalho motor)
- Se $\theta = 180^\circ$: $\tau = F \cdot d \cdot \cos 180^\circ = -F \cdot d$ (Trabalho resistente)
- Se $\theta = 90^\circ$: $\tau = F \cdot d \cdot \cos 90^\circ = 0$ (Trabalho nulo)

O trabalho é **positivo** (ou motor) quando F atua a favor do sentido do deslocamento d ($0 \leq \theta < 90^\circ$) e **negativo** (ou resistente) quando F atua contra o sentido do deslocamento d ($90^\circ < \theta \leq 180^\circ$). Com exceção de algumas forças, denominadas forças conservativas, que serão estudadas mais adiante, podemos dizer que o trabalho é positivo quando a força atua de modo

a aumentar a quantidade de energia mecânica e é negativo quando ela atua de modo a fazer essa quantidade de energia diminuir.

Obs. Diferentemente de nosso cotidiano, quando usamos o termo vou trabalhar, trabalho em Física está relacionado com uma força ajudando ou prejudicando um movimento. Se uma força agir perpendicular a um movimento, ela não realizará trabalho, pois, na direção do movimento ela não está nem ajudando e nem atrapalhando. É o caso, por exemplo, da força centrípeta, que é sempre perpendicular ao movimento. A força centrípeta nunca realizará trabalho.

Cálculo Gráfico de Trabalho:

Vamos a partir de um exemplo bem simples, construir um gráfico $F \times d$ (força x deslocamento) de uma força constante que age durante um certo deslocamento (Figura 4).

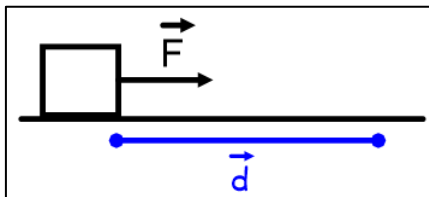


Figura 4

Como no esquema, a força está agindo na mesma direção e sentido do movimento, então teremos um trabalho motor.

Como também, a força age na mesma direção e sentido do deslocamento, temos que $\alpha = 0^\circ$. Sendo assim, podemos fazer simplesmente que trabalho será a força x deslocamento:

$$\tau = F \times d$$

Se construirmos um gráfico $F \times d$, teremos uma reta paralela ao eixo do deslocamento (Figura 5)

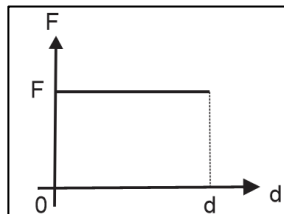


Figura 5

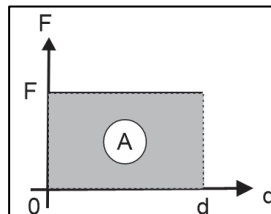


Figura 6

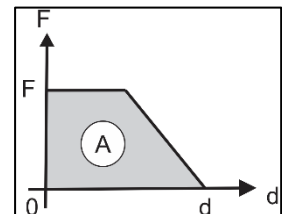


Figura 7

Observe que se calcularmos a área do diagrama da figura 5, teremos a área de um retângulo, base x altura (Figura 6).

$$A = b \times h \rightarrow A \stackrel{n}{=} d \times F$$

ou

$$A \stackrel{n}{=} F \times d$$

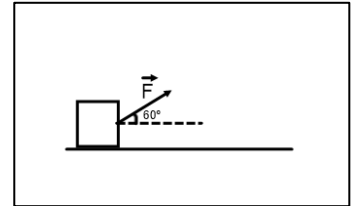
Conclusão: A área representada no gráfico $F \times d$, é numericamente igual ao trabalho realizado pela força F no deslocamento d .

Obs. 1ª) O símbolo $\stackrel{n}{=}$, significa numericamente igual. Isso é para dar mais sentido ao que se quer expressar, pois não tem sentido, matematicamente falando, uma área cuja base é deslocamento e a altura uma força, uma vez que força não é comprimento.

2ª) Apesar de ter sido demonstrado que a área do gráfico é numericamente igual ao trabalho realizado pela força constante, esta propriedade é válida mesmo que a força não seja constante (Figura 7).

Exercício de aprendizagem:

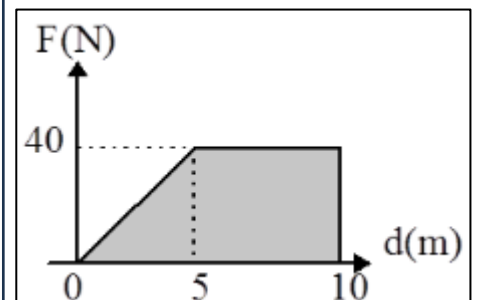
1) Uma força F , constante, de intensidade 50 N, atua sobre um ponto material como se vê na figura abaixo. Calcule o trabalho realizado por essa força quando a partícula se desloca de 10 m.



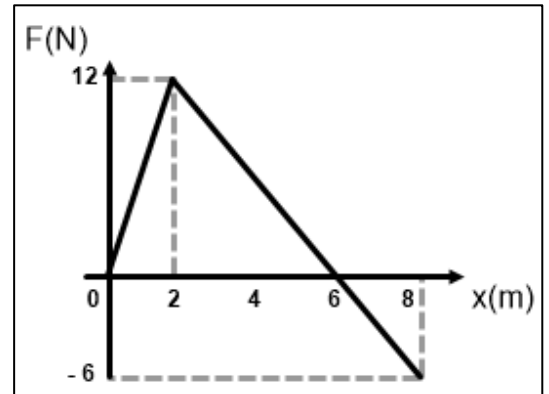
2) Um corpo de massa $m = 2,0$ kg é lançado sobre a superfície horizontal de uma mesa, parando após percorrer 10 m. Sendo o coeficiente de atrito entre o corpo e a mesa $\mu = 0,4$, determine o trabalho realizado pela força de atrito sobre o corpo. Adote $g = 10$ m/s².



3) O gráfico abaixo nos dá a intensidade da força que atua sobre um ponto material. Sabendo que a mesma atua na mesma direção e no mesmo sentido do movimento, determine o trabalho realizado por ela no deslocamento de 0 a 10 m.



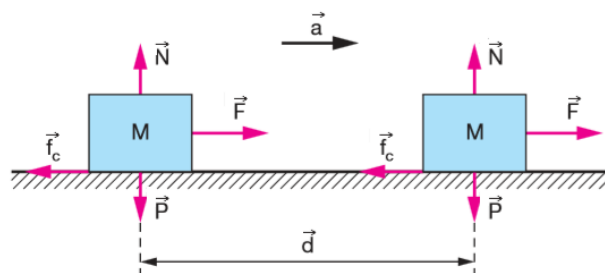
4) O gráfico ao lado representa, em função de x , os valores de F relativos ao deslocamento de um móvel de massa 2 kg. Nesse gráfico, valores positivos de F significa que a força atua no mesmo sentido do eixo, enquanto valores negativos de F significa que ela atua em sentido oposto ao de x . Calcule:



- O trabalho t_F realizado pela força F de $x = 0$ a $x = 8$ m;
- a aceleração máxima do objeto.

Exercícios de Fixação:

1) (Uniupe-MG) O centro de uma caixa de massa M desloca-se de uma distância d com aceleração a constante sobre a superfície horizontal de uma mesa sob a ação das forças F , f_c , N e P . Considere f_c a força de atrito cinético.



De acordo com a figura acima, pode-se afirmar que realizam trabalho, apenas, as forças

- F e f_c
- F e N
- f_c e N
- f_c e P

2) (FMJ-SP) Um grupo de pessoas, por intermédio de uma corda, arrasta um caixote de 50 kg em movimento retilíneo praticamente uniforme, na direção da corda. Sendo a velocidade do caixote 0,50 m/s e a tração aplicada pelo grupo de pessoas na corda igual a 1 200 N, o trabalho realizado por essa tração, em 10 s, é, no mínimo, igual a:

- a) $1,2 \cdot 10^2$ J b) $6,0 \cdot 10^2$ J c) $1,2 \cdot 10^3$ J d) $6,0 \cdot 10^3$ J e) $6,0 \cdot 10^4$ J

3) (UFES) Uma partícula de massa 50 g realiza um movimento circular uniforme quando presa a um fio ideal de comprimento 30 cm. O trabalho total realizado pela tração no fio, sobre a partícula, durante o percurso de uma volta e meia, é:

- a) 0 b) 2π J c) 4π J d) 6π J e) 9π J

4) (UCS-RS) Um corpo de 4 kg move-se sobre uma superfície plana e horizontal com atrito. As únicas forças que atuam no corpo (a força F e a força de atrito cinético) estão representadas no gráfico.

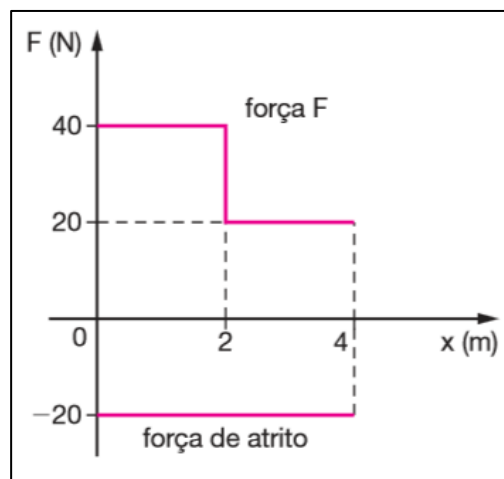
Considere as afirmações.

I – O trabalho realizado pela força F, deslocando o corpo de 0 a 2 m, é igual a 40 joules.

II – O trabalho realizado pela força de atrito cinético, deslocando o corpo de 0 a 4 m, é negativo.

III – De 0 a 2 m, o corpo desloca-se com aceleração constante.

IV – O trabalho total realizado pelas forças que atuam no corpo, deslocando-o de 0 a 4 m, é igual a 40 joules.

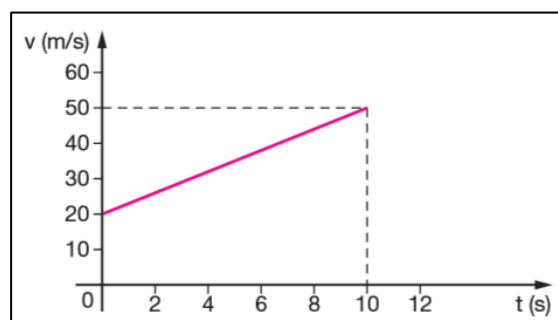


É certo concluir que:

- a) apenas a I e a II estão corretas.
 b) apenas a I, a II e a III estão corretas.
 c) apenas a I, a III e a IV estão corretas.
 d) apenas a II, a III e a IV estão corretas.
 e) todas estão corretas.

5) (USJT-SP) Sobre um corpo de massa 2 kg aplica-se uma força constante. A velocidade do móvel varia com o tempo, de acordo com o gráfico. Podemos afirmar que o trabalho realizado nos 10 segundos tem módulo de:

- a) 100 J b) 300 J c) 600 J d) 900 J e) 2 100 J



Respostas:

Exercícios de aprendizagem:

- 1) $\tau = 250$ J 2) $\tau_{\text{fat}} = -80$ J (trabalho resistente) 3) $\tau = 300$ J
 4) a) $\tau = 30$ J b) $a = 6$ m/s²

Exercícios de Fixação:

1) a 2) d 3) a (No caso o p equivale ao peso do corpo. Porém é bom lembrar que a força centrípeta nunca realiza trabalho, e no caso a tração é a responsável pela força centrípeta. Portanto o trabalho é nulo.) 4) d 5) e (lembre-se que do gráfico v x t você calcula a aceleração pela tangente. Como $(F = m \cdot a)$ você tem o valor da força constante. A área do gráfico v x t te dá o deslocamento do corpo, sendo assim, você calcula o trabalho.