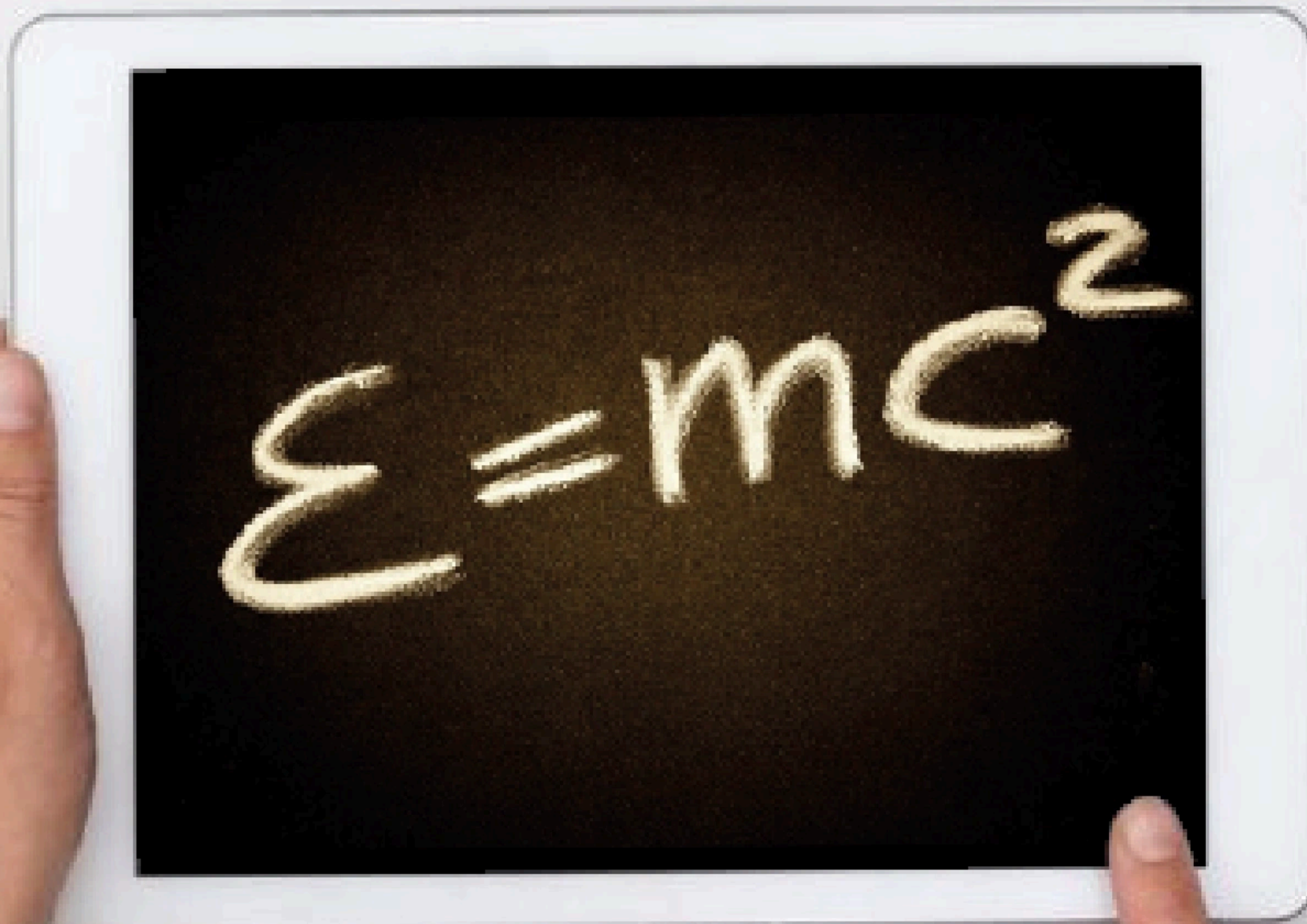


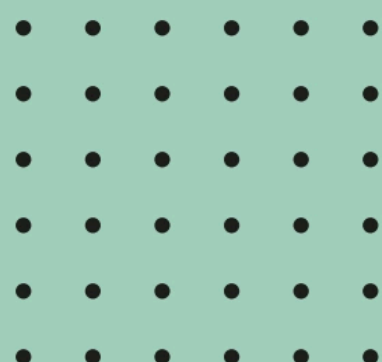
04

# JÁ SEI ENERGIA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA


$$E=mc^2$$

o teu • de partida

• ~ • ~ • ~ • ~ • ~ • ~



Com.Sygo<sup>+</sup>  
ipvc





#### FICHA TÉCNICA:

Título do ebook: **Já Sei Energia e conservação de energia.**

Autores: Paulo Caldas, Gonçalo Vaz

Editores ebook: Isabel Araújo (coordenadora), Elisabete Cunha

Edição ebook: Unidade de Ensino Digital e a Distância do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (UE2D-IPVC)

Capa: Tânia Araújo (UE2D-IPVC)

Paginação: Tânia Araújo (UE2D-IPVC)

Edição ebook: 2024

ISBN e-book: 978-989-9141-25-4

DOI: 10.57910/ipvc-ese-84xh-dz67





# PREFÁCIO

No âmbito da promoção do sucesso académico e combate ao abandono escolar, surge o projeto Com.Sigo, com o objetivo estimular o desenvolvimento de mecanismos de apoio à integração académica dos novos estudantes e à promoção do seu sucesso. Foram identificadas diversas debilidades que podem ser colmatadas através do projeto Com.Sigo. Neste contexto, foi desenvolvida uma coletânea de e-books, designado “Com.Sigo Já sei ...”, nos quais podes aceder a alguma informação através de vídeos da Khan Academy.

Diversos temas básicos de Física são indispensáveis para a obtenção de sucesso nas unidades curriculares desta área no ensino superior. Tendo em consideração todos aqueles que, por qualquer motivo, não tenham presente alguns desses temas, desenvolveram-se vários e-books, relativos a diferentes temáticas. Assim, este e-book visa nivelar os conhecimentos básicos, que constituem pré-requisitos das unidades curriculares de Física ministradas no ensino superior.

Com.Sigo **Já Sei Energia e conservação de energia** destina-se a todos aqueles que pretendem recordar ou mesmo estudar alguns conceitos de Física.

Será, certamente, um bom auxiliar de estudo!

Quem o utilizar, vai rever muito do que é essencial da temática **Energia e conservação de energia** e será uma oportunidade para melhor assimilar esta temática.

Ao longo do livro existem alguns vídeos para uma melhor compreensão dos conteúdos.

Aproveita!

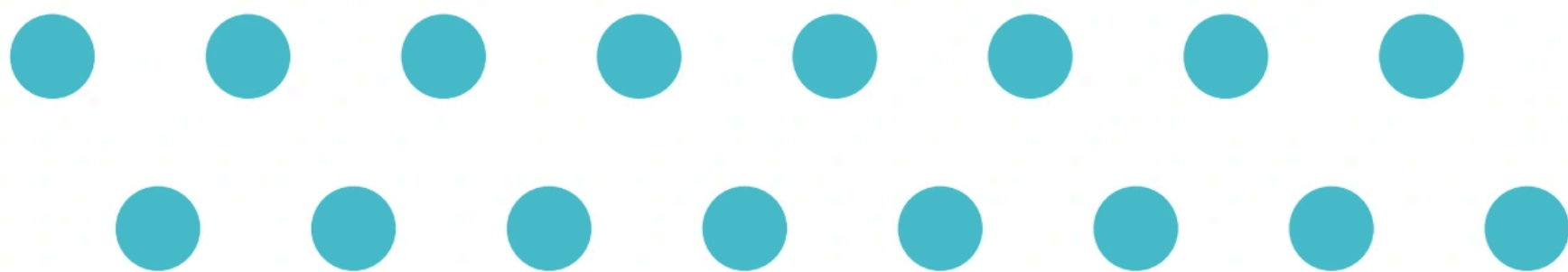
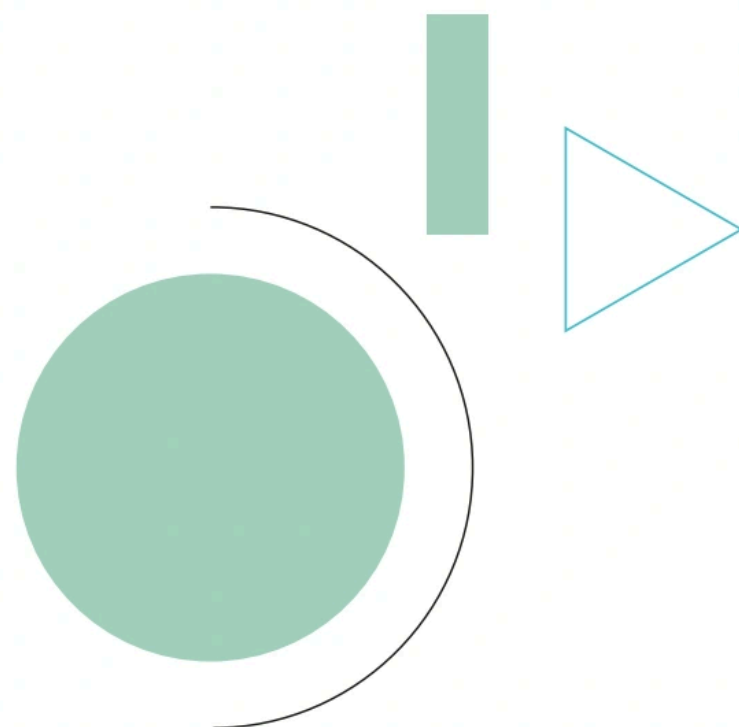
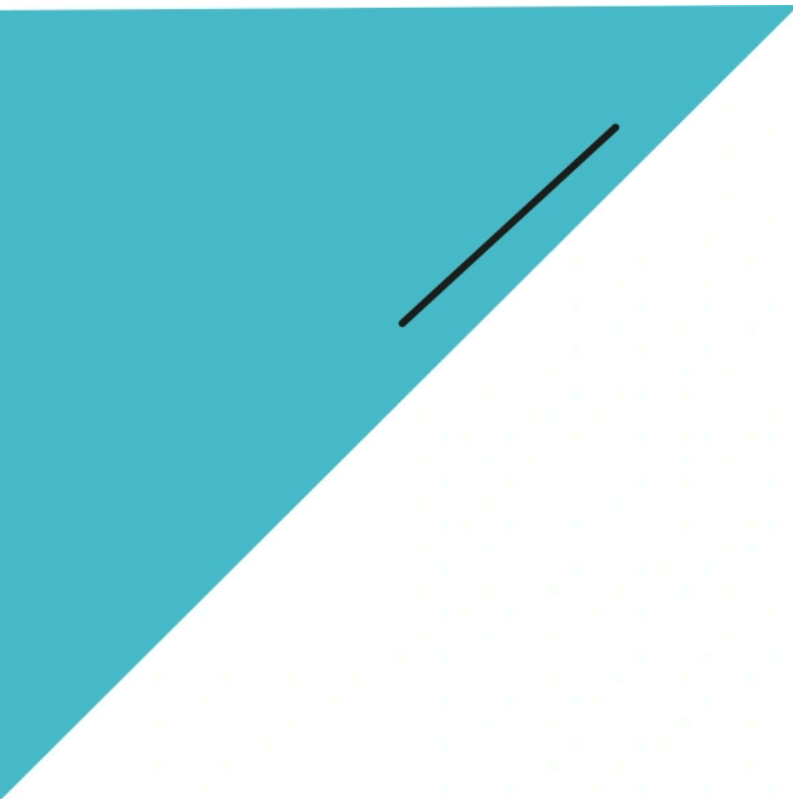
Não avances se não perceberes.

Não te esqueças que é indispensável exercitar.

Segue rumo ao sucesso!

Isabel Araújo







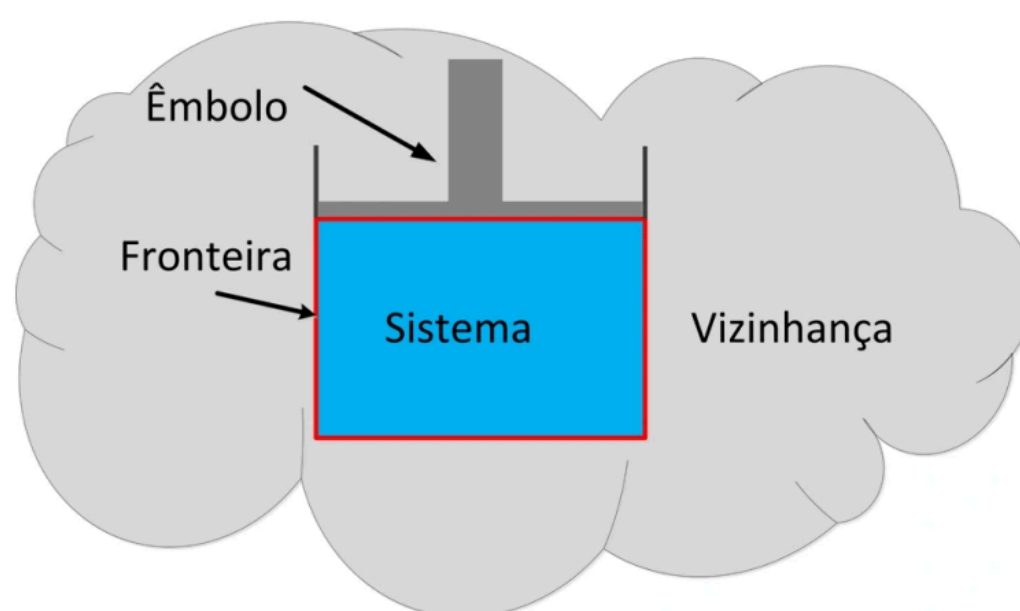
# ENERGIA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| • Introdução                                       | 6  |
| • Definição de Trabalho                            | 9  |
| • Energia Cinética e o Teorema da Energia Cinética | 12 |
| • Energia Potencial                                | 15 |
| • Forças Conservativas                             | 19 |
| • Conservação da Energia Mecânica                  | 21 |
| • Exercícios                                       | 24 |



# Introdução

Em Física, um é qualquer quantidade de matéria ou região do espaço que se escolhe com o objetivo de estudar o seu comportamento. A matéria, ou a região, exterior, ao sistema é designada vizinhança. Chama-se fronteira à superfície, real ou imaginária, que separa o sistema da sua vizinhança. A fronteira dum sistema pode ser fixa ou móvel..



*Figura 1 – Sistema em Física.*

Um sistema pode ser classificado segundo dois critérios diferentes: 1 como é que são feitas as suas trocas de energia com o ambiente externo; 2 como é que a energia interna do sistema varia.

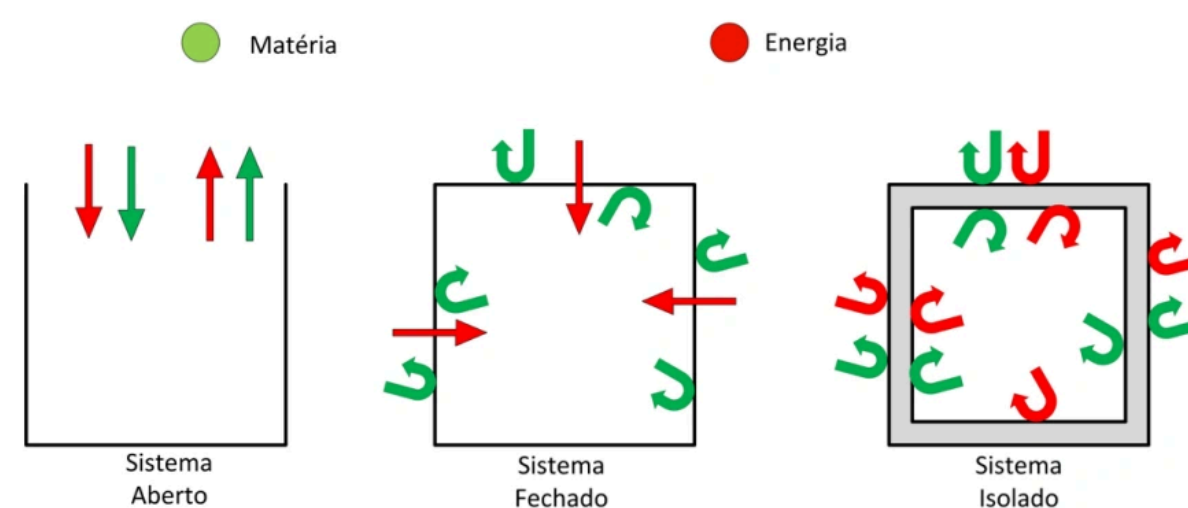
Para o 1º critério, existem 3 formas de classificar um sistema:

1. Sistema Isolado - Um sistema isolado é aquele que não efetua trocas de energia nem de matéria com o exterior. Desta forma, a sua quantidade total de energia e de matéria permanecem constantes ao longo do tempo. Um exemplo deste tipo de sistema é uma garrafa térmica, que não deixa escapar calor nem água de dentro dela.



2. Sistema Fechado - Um sistema fechado é aquele em que não existem trocas de matéria com o exterior, mas podem ser feitas trocas de energia. Isto significa que, apesar de a quantidade de matéria ser constante, a quantidade de energia altera-se ao longo do tempo. Um exemplo deste tipo de sistema é uma garrafa de plástico simples, que não deixa passar água para o exterior, mas possibilita trocas de calor com o exterior.

3. Sistema Aberto - Um sistema aberto é aquele em que existem trocas de matéria e de energia com o exterior. Por isso, nem a quantidade de matéria nem a quantidade de energia se mantêm constantes ao longo do tempo. Um exemplo deste tipo de sistema é um copo com água, onde é possível colocar/retirar água e que permite trocas de calor com o exterior.



*Figura 2 – Diferentes sistemas e as suas trocas de energia e matéria.*

Para o 2º critério, existem duas formas de classificar um sistema:

1. Sistema Mecânico - Num sistema mecânico as variações de energia interna não são tidas em conta. Para este tipo de sistemas, podemos considerar que um corpo pode ser reduzido apenas a um ponto onde toda a sua massa está concentrada. Este ponto, a que chamamos de centro de massa, CM, é onde a resultante das forças do sistema atua.

2. Sistema Termodinâmico - Num sistema termodinâmico as variações da energia interna são tidas em conta. Normalmente este tipo de sistema é constituído por um número muito elevado de partículas.

No caso de sistemas, as variações de energia interna estão associadas a fenómenos de deformação, aquecimento e arrefecimento de um corpo. Quando se considera um sistema mecânico, assumimos que um corpo é um objeto rígido e não-deformável.

Dentro de um sistema mecânico, as manifestações de energia podem ser reduzidas a dois tipos fundamentais: Energia Cinética e Energia Potencial. A energia total de um sistema é dada como a soma da sua energia cinético total com a sua energia potencial total.

Neste capítulo vamos estudar só o sistema mecânico.





# Definição de Trabalho

O conceito de trabalho está associado ao de energia: quando um sistema realiza trabalho sobre outro, há uma transferência de energia de um para outro sistema. Podemos definir o trabalho como a medida da energia transferida a um objeto pela aplicação de uma força ao longo de um deslocamento. O trabalho é uma grandeza escalar.

Considere-se uma partícula que se move ao longo de uma trajetória curvilínea sob a ação de uma força  $\vec{F}$ . Num intervalo de tempo muito curto,  $dt$ , ela efetua um deslocamento  $d\vec{s}$ . O trabalho realizado pela força  $\vec{F}$  durante o deslocamento é definido pelo produto escalar.

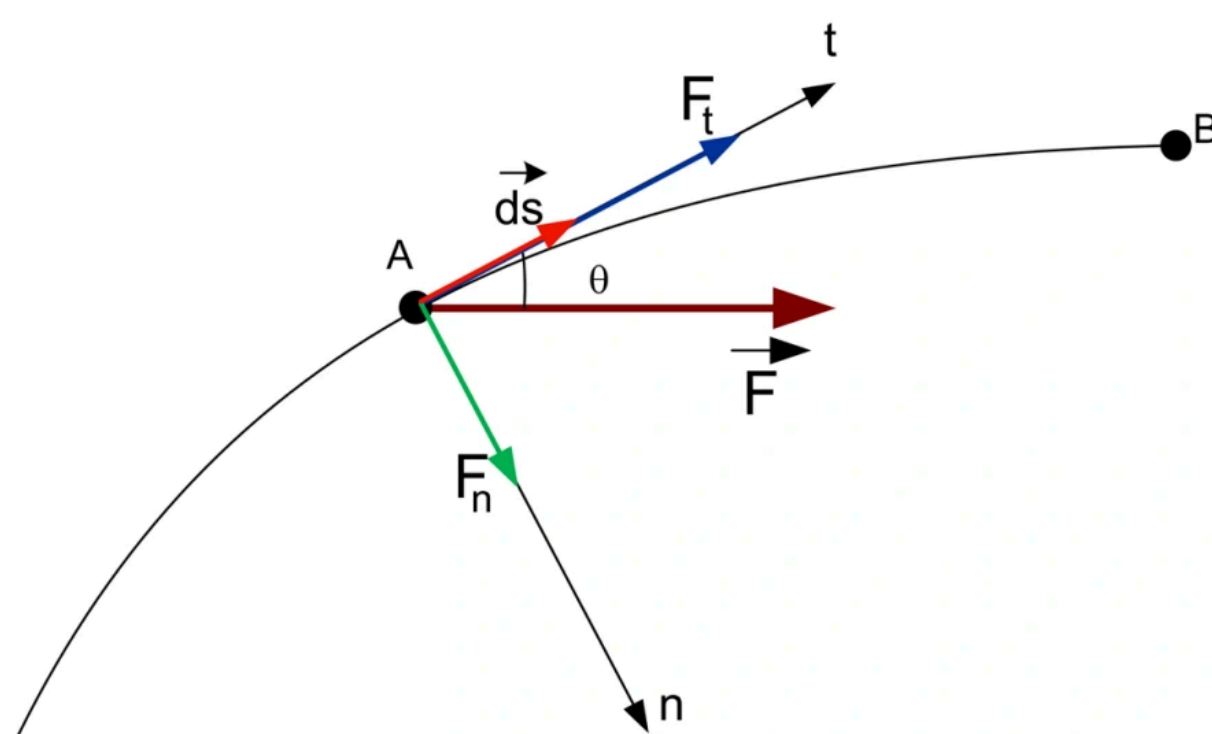


Figura 3 – Definição de trabalho.

Onde  $\theta$  é o ângulo entre a direção da força  $\vec{F}$  e o deslocamento  $d\vec{s}$ . O trabalho realizado sobre a partícula quando transportada de A para B, é a soma de todos os trabalhos infinitesimais realizados durante os sucessivos. As unidades do trabalho são o Joule (J).



O trabalho é um número real, que pode ser positivo ou negativo. Quando a força atua na direção do deslocamento, o trabalho é positivo, isto é, existe energia a ser acrescentada ao corpo ou sistema. O contrário também é verdadeiro. Uma força na direção oposta ao deslocamento retira energia do corpo ou sistema.

A existência de uma força não é sinónimo de realização de trabalho. Para que tal aconteça, é necessário que haja deslocamento do ponto de aplicação da força e que haja uma componente não nula da força na direção do deslocamento.

Resumindo, quando a força possui uma componente na mesma direção e no mesmo sentido do deslocamento ( $0^\circ \leq \theta < 90^\circ$ ) o trabalho é positivo e o. Quando a força possui uma componente contrária ao do deslocamento ( $90^\circ < \theta \leq 180^\circ$ ), o trabalho  $W$  é negativo.

Quando a força é perpendicular ao deslocamento,  $\theta = 90^\circ \Rightarrow \vec{F} \perp d\vec{s}$ , o trabalho realizado pela força é igual a zero.

No caso em que  $\vec{F}$  é constante em módulo, direção e sentido e o corpo move-se segundo uma trajetória retilínea, o trabalho é dado por:

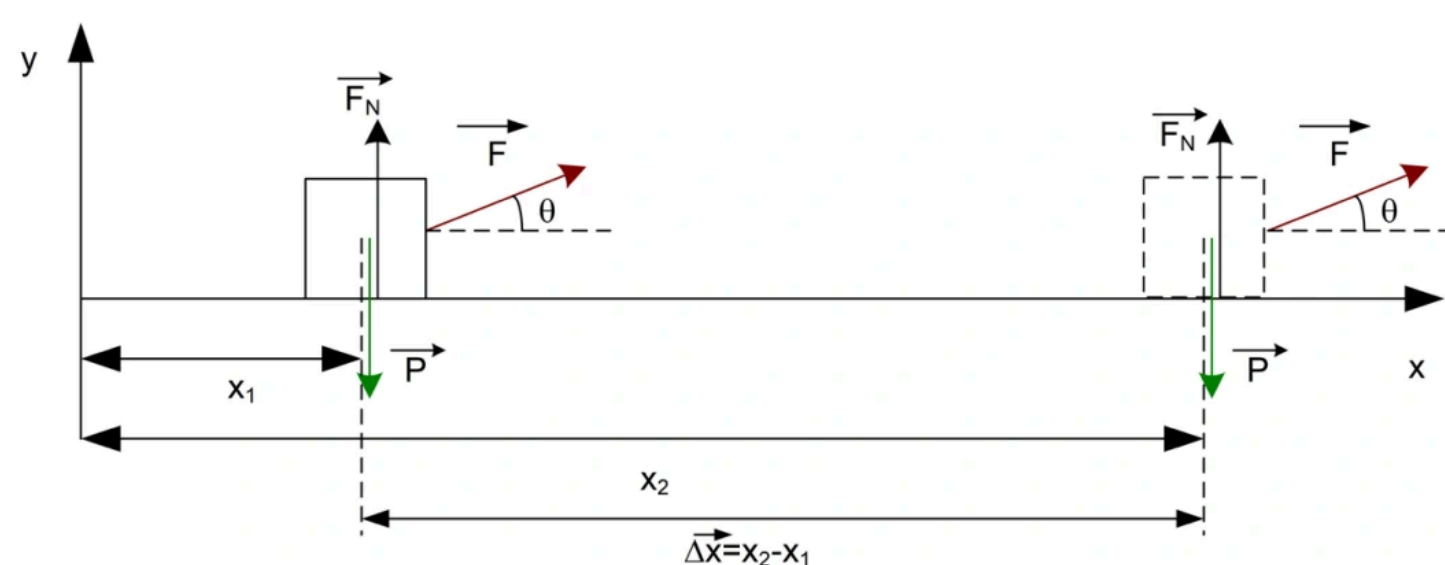


Figura 4 – Trabalho da trajetória retilínea.



$$w = F \Delta x \cos \theta \quad (1)$$

Outro aspecto em ter em conta é que o trabalho total resultante das várias forças aplicadas ao mesmo objeto é igual à soma dos trabalhos de cada uma das forças, ou seja.

$$W_T = W_{F_1} + W_{F_2} + W_{F_3} + \dots \quad (2)$$



# Energia Cinética e o Teorema da Energia Cinética

A energia cinética está relacionada com o movimento de um objeto. Esta é a energia associada à velocidade de um objeto em movimento.

A fórmula geral para calcular a energia cinética de um objeto é:

$$E_c = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3)$$

Onde  $m$  representa a massa do objeto e  $v$  representa a sua velocidade. Isto significa que, quanto mais massivo for um objeto e quanto mais rápido ele se estiver a deslocar, maior irá ser a sua energia cinética. A unidade SI da energia cinética é o joule, J.

Consideremos a figura seguinte:

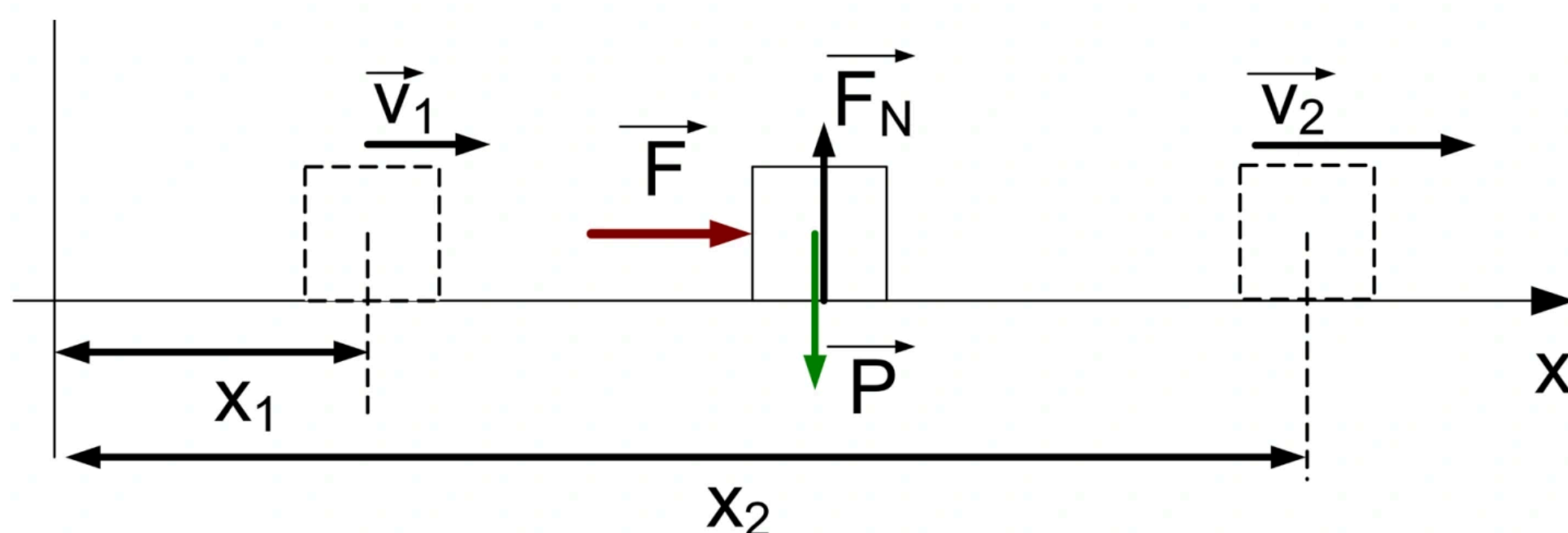


Figura 5 – Teorema da Energia Cinética

Na figura está representado um corpo de massa  $m$  que se move sem atrito numa superfície horizontal sob a ação de uma força  $\vec{F}$  constante.



De acordo com a segunda lei de Newton, esta força irá produzir uma aceleração cujo módulo é

$$a = \frac{F}{m}$$

Devido a esta aceleração, a velocidade irá aumentar de  $\vec{v}_1$  até  $\vec{v}_2$ . Estas duas velocidades estão relacionadas pela seguinte expressão:

$$v_2^2 = v_1^2 + 2a\Delta x \quad (4)$$

Uma vez que o trabalho feito pela força resultante é igual ao trabalho feito sobre a partícula, o trabalho realizado pela força é:

$$w_{total} = F\Delta x = ma\Delta x \quad (5)$$

Usando as equações (4) e (5) obtém-se:

$$w_{total} = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (6)$$

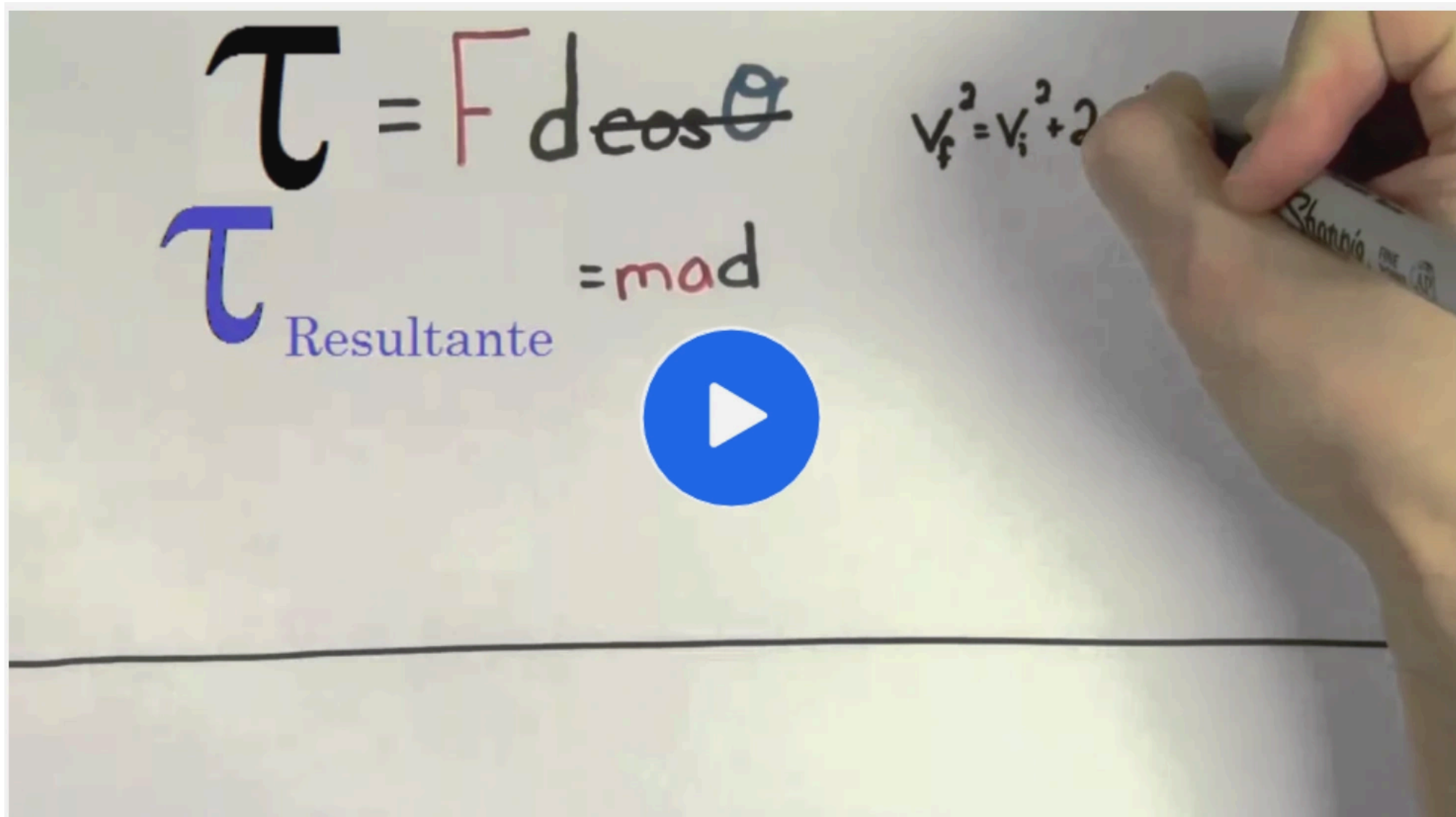
A equação (6) traduz o teorema da energia cinética, que diz:

*O trabalho exercido sobre um corpo é igual à variação da energia cinética do corpo*

$$w = \Delta E_c = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 \quad (7)$$

De acordo com o teorema da energia cinética, um corpo que se move tem energia cinética porque foi realizado trabalho para acelerar o corpo do repouso até à velocidade final. Contrariamente, um corpo com energia cinética pode realizar trabalho se puder puxar ou empurrar outro corpo. Ter em atenção que quando mais do que uma força atua num corpo, o teorema da energia cinética só se aplica ao trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas no objeto.

Khan Academy – Trabalho e princípio do trabalho-energia:





# Energia Potencial

A energia potencial representa a capacidade de se produzir trabalho devido à interação entre um ou mais corpos. Assim, a energia potencial de um sistema de objetos representa a capacidade do sistema realizar trabalho devido à sua configuração. Em geral as neste tipo de energia só estão envolvidas forças conservativas que realizam trabalho. Uma força é conservativa se o trabalho efetuado sobre um objeto, que se move entre dois pontos, é independente da trajetória. Exemplos deste tipo de forças são a força gravítica, a força restauradora de uma mola (lei de hooke) e a força eletrostática.

## ENERGIA POTENCIAL GRAVÍTICA

Uma partícula próxima da terra interatua com esta através da força de atracção gravítica. Assim, a energia potencial gravítica,  $E_{pg}$ , é a energia que um corpo de massa  $m$  possui devido à sua posição em relação à terra.

Considere-se a figura seguinte e o caso em que estamos próximos da superfície terrestre. Nesta situação a força que atua sobre qualquer corpo é o seu peso.

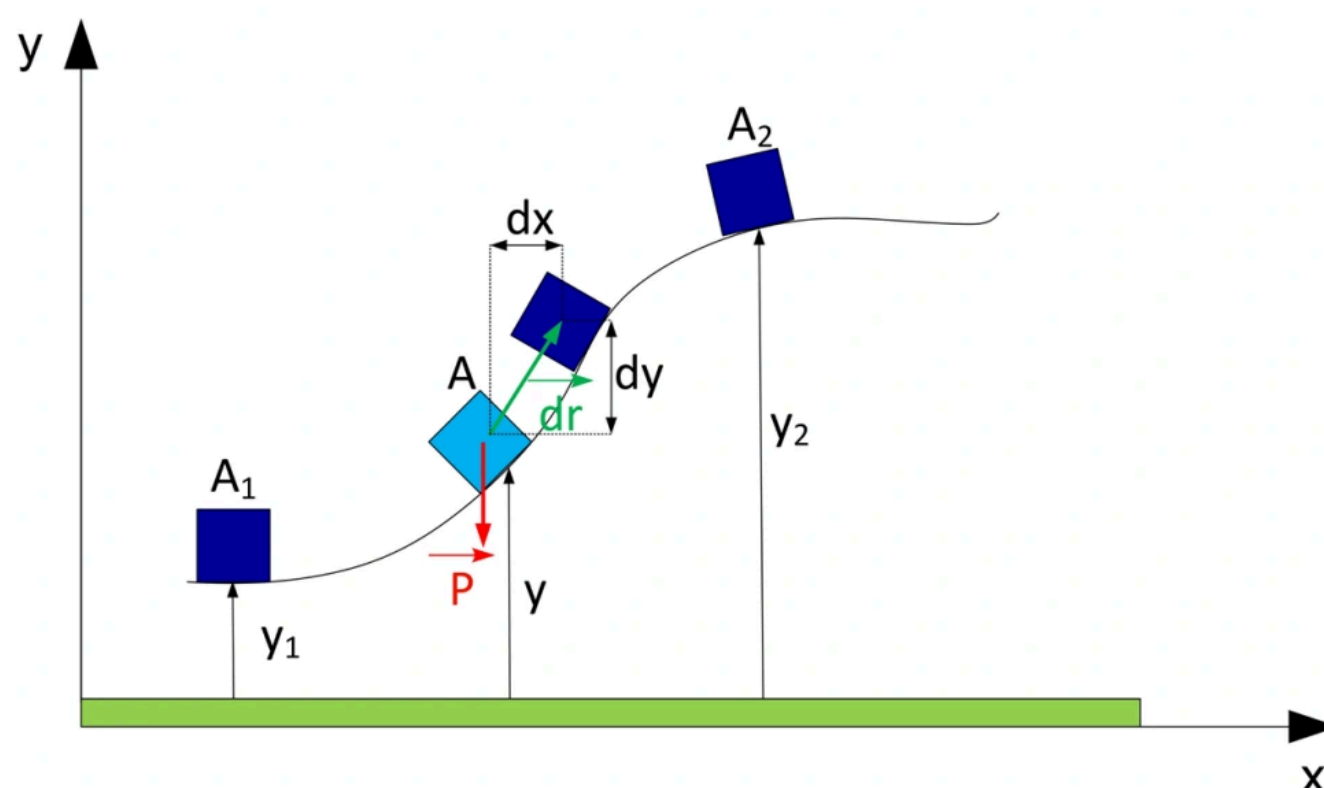


Figura 6 – Energia potencial gravítica



Na figura anterior está representado um objeto de massa  $m$  que está numa posição inicial  $A1$  a uma altura  $y_1$  relativamente ao solo e vai sofrer um deslocamento para um ponto  $A2$  situado a uma altura  $A2$ . Se desprezarmos todas as outras forças sobre o objeto para além do peso o trabalho realizado pelo peso é dado por (considere-se que a trajetória é retilínea e o referencial é positivo quando subimos):

$$W = - mg(y_2 - y_1) = - \Delta E_{pg} \quad (8)$$

A equação (8) representa o trabalho realizado pela força gravítica. A definição de  $E_{pg}$  implica a escolha de uma posição de referência para a qual a  $E_{pg}$  é nula. No caso de um corpo próximo da superfície terrestre a energia potencial gravítica é dada por:

$$E_{pg} = mgh \quad (9)$$

Onde  $h$  é altura a que o corpo está colocado em relação à nossa referência ( $E_{pg}=0$ ). No caso de um corpo afastado da Terra,  $E_{pg}$  é dada por:

$$E_{pg} = -\frac{mgR_T^2}{r} \quad (10)$$

Onde  $r$  é a distancia radial medida desde o centro da terra ao corpo e a expressão (10) só é valida para  $r \geq R_T$ .

O trabalho realizado pela força gravítica é independente da trajetória. Só depende da posição inicial e final. Por isso a força gravítica é uma força conservativa.



## ENERGIA POTENCIAL ELÁSTICA

O segundo exemplo de energia potencial é encontrado na deformação de um corpo. O corpo que vamos considerar é uma mola acoplada com um objeto de massa  $m$ . O trabalho realizado na deformação de uma mola é transformado em energia potencial elástica. Assim, uma mola deformada (comprimida ou esticada) tem capacidade de realizar trabalho num corpo quando regressa à sua posição de equilíbrio, por causa da sua configuração.

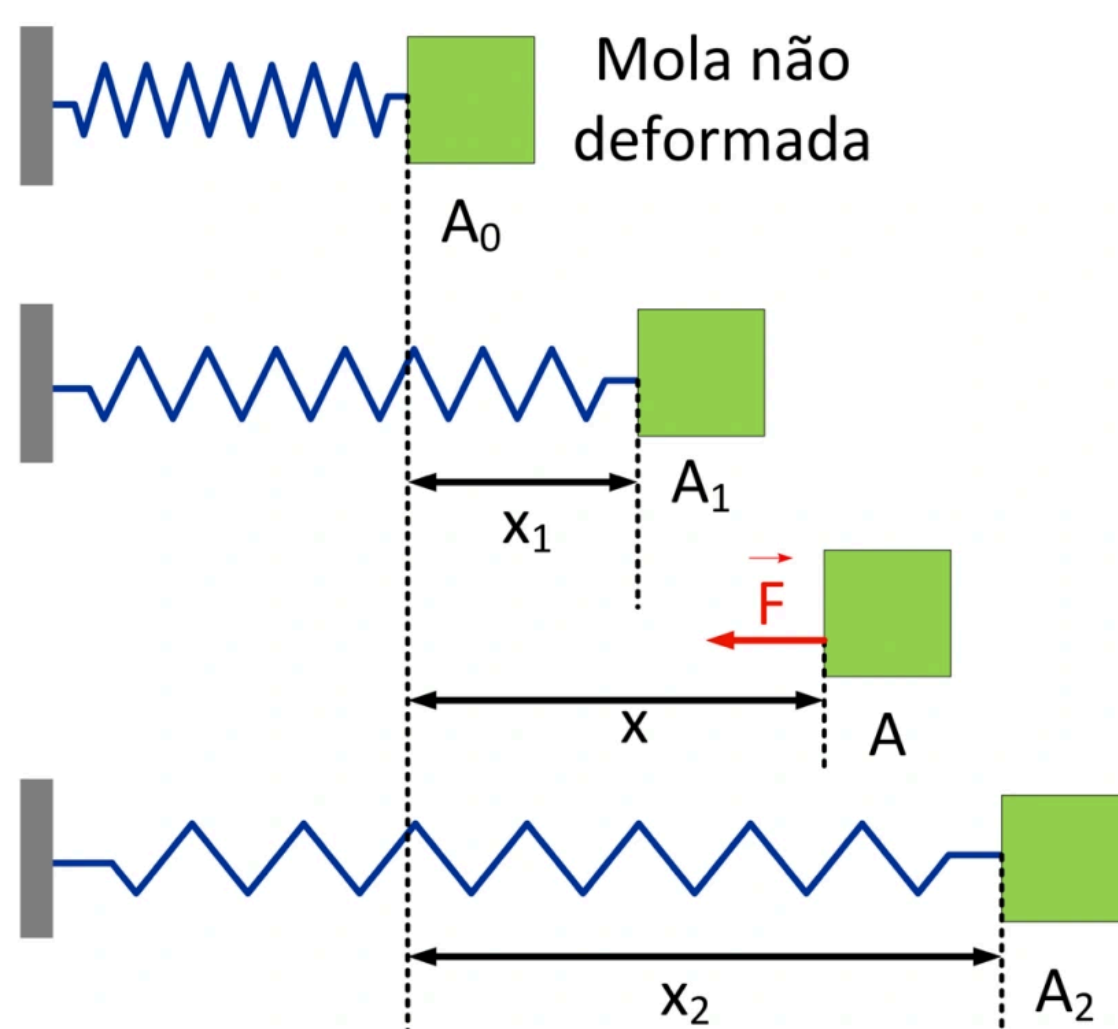


Figura 7 – Energia potencial elástica.

Antes de definir a energia potencial elástica,  $E_{pe}$ , vamos considerar que as molas que usamos obedecem à Lei de Hooke. A lei de Hooke serve para calcular a deformação causada pela força exercida sobre um corpo, tal que a força é igual ao deslocamento da massa a partir do seu ponto de equilíbrio vezes a constante da mola ou do corpo que sofrerá deformação:

$$\vec{F} = -K \vec{x} \quad (11)$$



Em que  $K$  é a constante de elasticidade e  $x$  o deslocamento relativamente à posição de equilíbrio. O sinal negativo vem do facto de esta força ser oposta ao deslocamento. A lei de hooke é válida se:

- As molas não forem esticadas de modo a causar uma deformação permanente.
- As molas não forem comprimidas para além do ponto onde as espiras adjacentes se tocam.

O estudo do trabalho realizado pela força elástica é semelhante ao caso da força gravítica. Neste caso, baseando o caso na figura anterior, o trabalho realizado pela força elástica é dado por:

$$W = - \frac{1}{2} K (x_2^2 - x_1^2) = - \Delta E_{p_e} \quad (12)$$

A energia potencial elástica é definida como sendo o trabalho que uma mola realizaria quando regressa à sua posição de equilíbrio.

$$E_{p_e} = \frac{1}{2} K d^2 \quad (13)$$

Onde  $d$  é a deformação sofrida pela mola.





# Forças Conservativas

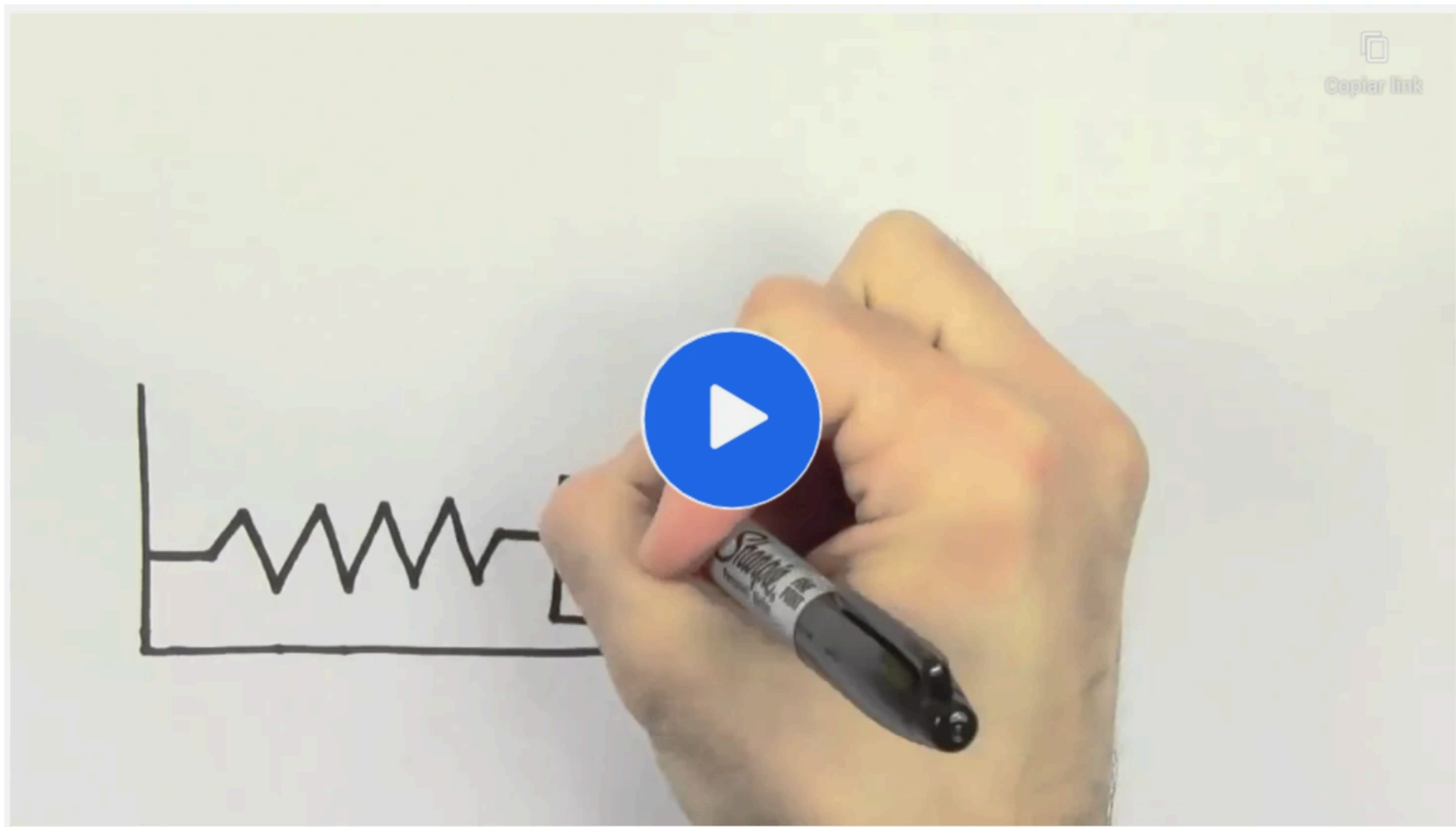
Uma força capaz de converter energia cinética em energia potencial e de fazer a conversão inversa denomina-se força conservativa. A força gravítica e a força de uma mola são exemplos desta situação.

Uma característica básica de uma força conservativa é que o trabalho realizado por ela é sempre reversível. Uma característica importante de uma força conservativa é que, quando um corpo segue várias trajetórias para ir de um ponto 1 a um ponto 2, a força conservativa realiza sempre o mesmo trabalho sobre o corpo em qualquer uma dessas trajetórias.

Quando um corpo se move ao longo de uma trajetória fechada, com o ponto final coincidindo com o inicial, o trabalho total realizado pela força gravitacional é sempre igual a zero.

Resumindo, o trabalho realizado por uma força conservativa possui as seguintes características: 1. É reversível; 2. É independente da trajetória do corpo e depende apenas dos pontos inicial e final e 3. Quando o ponto final coincide com o ponto inicial, o trabalho realizado é igual a zero.

## Khan Academy – Trabalho e princípio do trabalho-energia:



# Conservação da Energia Mecânica

Suponhamos que outras forças atuam num objeto de massa  $m$  além das forças gravíticas e elásticas. Tais forças podem ser:

- Força de atrito;
- Tensões;
- Uma força externa aplicada

A estas forças, no seu conjunto, vamos designá-las por “outras forças”, OF. Considere-se a figura seguinte.

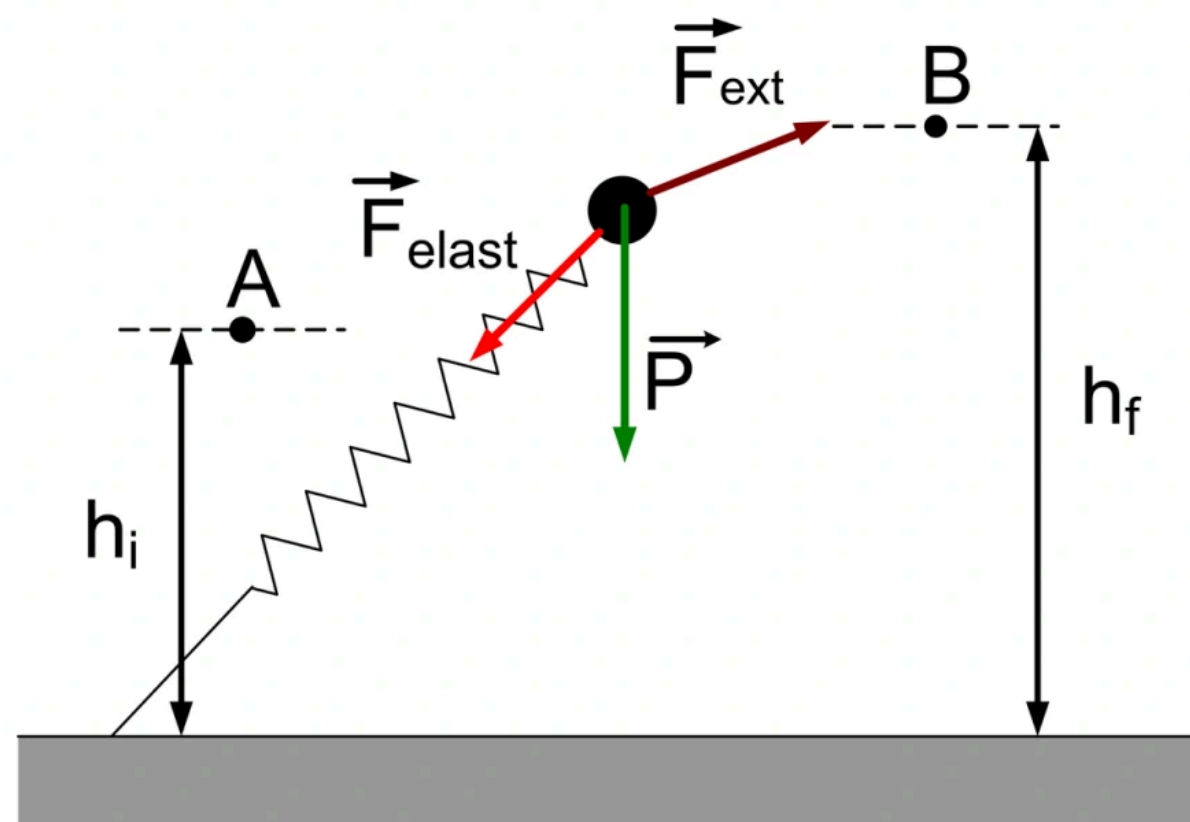


Figura 8 – Energia mecânica.

Um corpo está acoplado a uma mola a uma distância do solo ( $E_{pg} = 0$ ) a uma altura inicial,  $h_i$ , e é deslocado para a altura final,  $h_f$ . As forças envolvidas são: a força gravítica, força elástica e as outras forças (que inclui forças exteriores aplicadas, forças de atrito, etc.). O trabalho realizado por estas forças pode ser escrito como:

$$W = W_{gravidade} + W_{elástica} + W_{outrasforças} \quad (13)$$



Substituindo na equação anterior o trabalho realizado pela gravidade e pela força elástica a expressão (13) fica:

$$w = -mg(h_f - h_i) - \frac{1}{2}K(d_f^2 - d_i^2) + w_{outrasforças} \quad (14)$$

O sinal do trabalho realizado pela força gravítica é negativo porque o deslocamento é no sentido contrário à aceleração gravítica e no caso do trabalho realizado pela força elástica este é negativo pelo facto do sentido da força que a mola exerce sobre o corpo ser contrário ao deslocamento. Usando o teorema da energia cinética, a equação (60) fica:

:

$$\underbrace{mgh_i}_{E_{pgi}} - \underbrace{mgh_f}_{E_{pgf}} + \underbrace{\frac{1}{2}kd_i^2}_{E_{pei}} - \underbrace{\frac{1}{2}kd_f^2}_{E_{pef}} + w_{outrasforças} = \underbrace{\frac{1}{2}mv_f^2}_{E_{cf}} - \underbrace{\frac{1}{2}mv_i^2}_{E_{ci}} \quad (15)$$

Ou:

:

$$w_{outrasforças} = \underbrace{(E_{cf} + E_{pgf} + E_{pef})}_{E_f} - \underbrace{(E_{ci} + E_{pgi} + E_{pei})}_{E_i} \quad (16)$$

Ou:

:

$$w_{outrasforças} = \Delta E \quad (17)$$

Onde  $E = E_c + E_{pg} + E_{pe}$  é a energia mecânica total do sistema objeto-mola. A equação (16) mostra que o trabalho realizado por todas as forças, que não a gravítica ou elástica, dá origem a uma variação da energia mecânica total do sistema de um valor inicial  $E_i$  para um valor final  $E_f$ .

Nas situações onde somente atuam as forças gravíticas, elásticas e as forças que não realizem trabalho no objeto, o trabalho realizado pelas outras é igual a zero e neste caso temos:

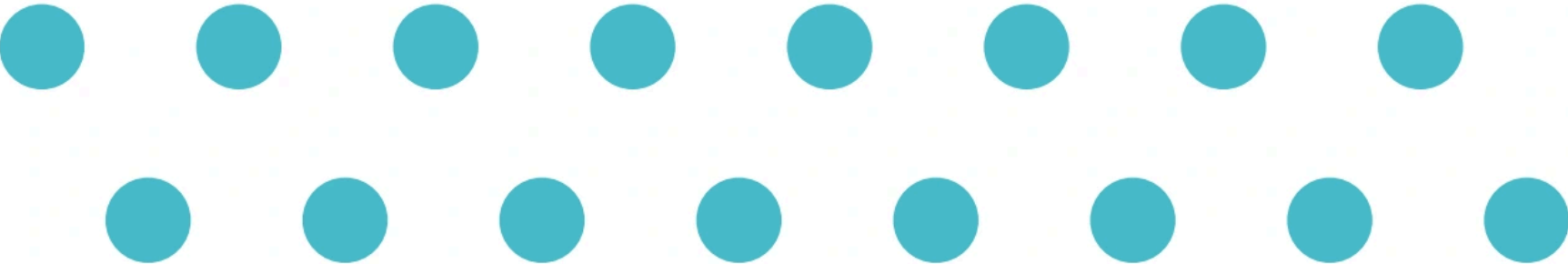
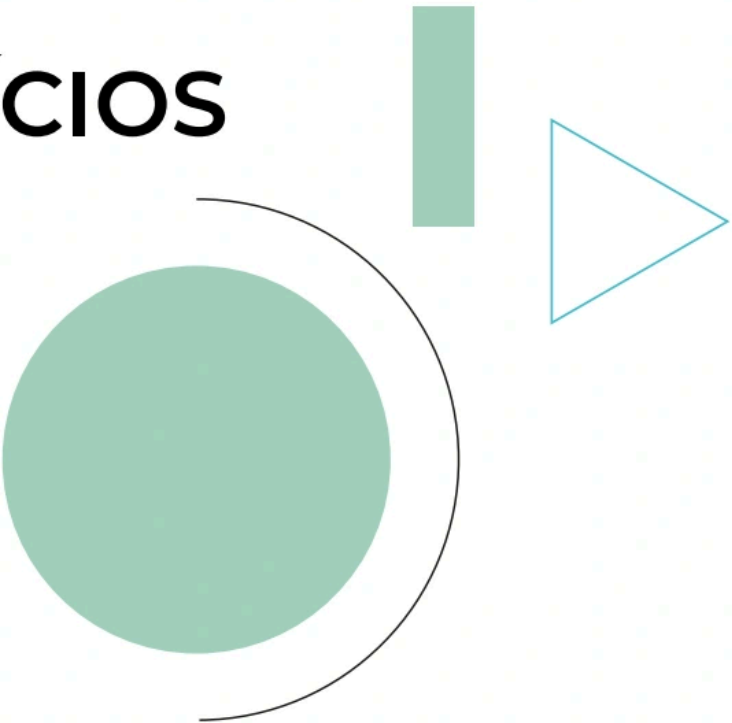
$$\Delta E = 0 \quad (18)$$

Ou seja, a energia é constante, o que implica que energia mecânica total do sistema permanece constante em todos os pontos da trajetória, e temos então o princípio da conservação energia mecânica, que diz:

*Quando um objeto se desloca, a sua energia mecânica total permanece constante desde que não haja trabalho realizado pelas outras forças que atuam no objeto, para além das forças gravíticas e elásticas.*



# EXERCÍCIOS





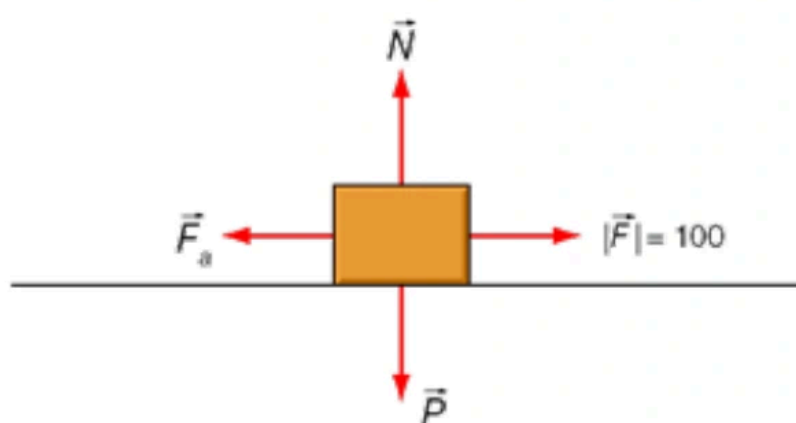
1. No corpo representado na figura, atuam duas forças  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  constantes, de direção horizontal e sentidos opostos. As intensidades das forças são, respetivamente, 25 N e 50 N e o corpo desloca-se ao longo de 0.8 metros, sem atrito.



1.1 Represente todas as forças que atuam no corpo.

1.2 Qual será o trabalho realizado pela força resultante?

2. Considere a seguinte figura. As forças representadas provocam um deslocamento de 2,0 m no sentido da força  $\vec{F}$ .



I. O trabalho realizado pela força de atrito  $F_a$  é positivo.

II. O trabalho realizado pela força  $F$  vale 200 J.

III. O trabalho realizado pela força peso é diferente de zero.

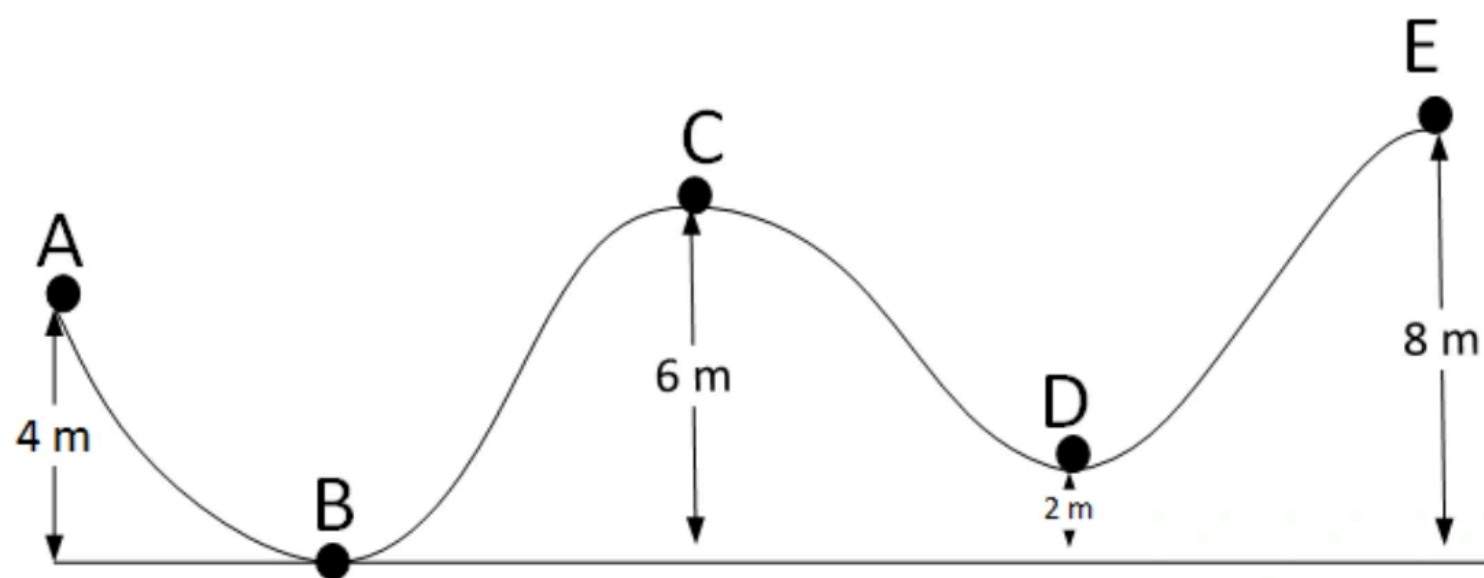
IV. O trabalho realizado pela força normal  $N$  é nulo.

Qual ou quais das afirmações são corretas?

3. Um carrinho é deslocado num plano horizontal sob a ação de uma força horizontal de 50 N. Sendo 400 J o trabalho realizado por essa força, calcule a distância percorrida.

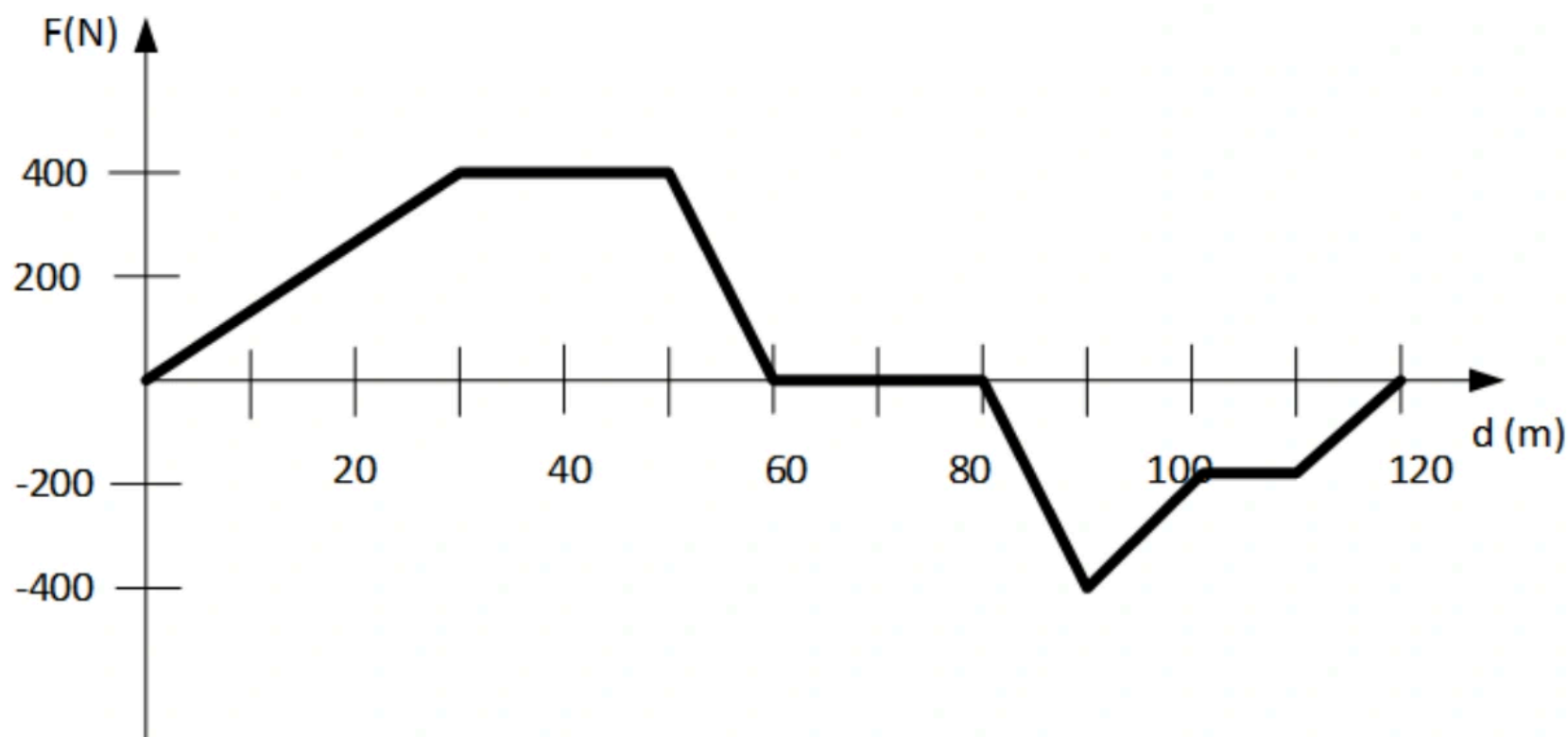
4. Uma bola de aço de 200 g desliza ao longo da calha representada na figura. Considere que ao longo do trajeto o atrito é desprezável. Sabendo que a bola passa por A com uma velocidade de 2 m/s, determine:





- 5.1 a energia mecânica da bola no ponto A;
- 5.2 a velocidade da bola nos pontos B, C, D e E;
- 5.3 a variação de energia potencial gravítica da bola quando esta se desloca de C para E;

6. Um corpo move-se numa trajetória retilínea. O gráfico da força no corpo em função da distância percorrida é apresentado na figura a seguir. Qual o trabalho realizado pela força entre os 0 e 120 m?



7. Um peso de 10 N é erguido, a partir do repouso, por uma força de 30 N até uma altura de 5 m.

Determine:

- 7.1 O trabalho para erguer o peso até a altura dada;
- 7.2 O trabalho da força peso;
- 7.3 A velocidade do corpo ao atingir a altura dada.



8. Sobre um caixote de 200 Kg de massa é exercida verticalmente uma força, elevando-o a uma altura de 30 metros, com uma força de  $2.5 \times 10^3$  N.

8.1 Determine o trabalho realizado pela força sobre o caixote.

8.2 Determine o trabalho realizado pelo peso do caixote.

8.3 Calcule a variação de energia cinética do caixote.

9. Uma criança, de massa 20 kg, desliza, a partir do repouso, ao longo de um escorrega com 2 m de altura e atinge a base com uma velocidade de 5 m/s.

9.1 Determine o trabalho realizado pela resultante das forças que atuam sobre a criança durante a descida.

9.2 Qual foi a energia dissipada devido ao atrito entre as superfícies em contacto e a resistência do ar?





## » Referências Bibliográficas

David Halliday, Robert Resnick , Jearl Walker “Fundamentals of physics —10th edition”, 2014, John Wiley & Sons.

Hugh D. Young, Roger A. Freedman - Física I: Mecânica -Pearson Prentice Hall (2016)

Douglas C. Giancoli” Physics: Principles with Applications, 7th edition” Pearson Prentice Hall (2015).

Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr” Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics, Tenth Edition” Cengage Learning (2019)







Com.**sygo**<sup>+</sup>  
ipvc

