Física I

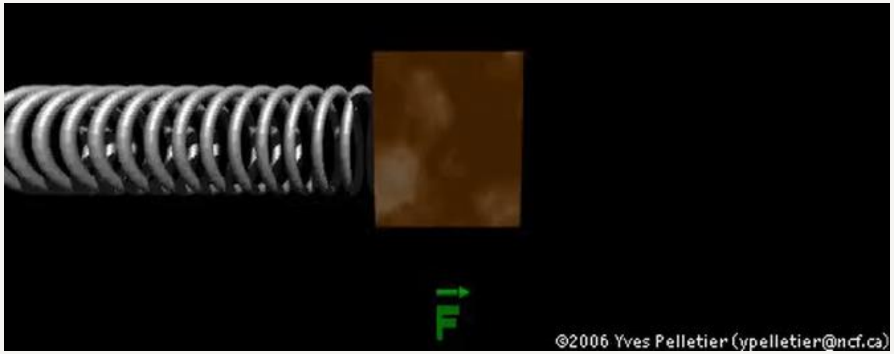
Semana 10 - Aula 1

Trabalho com forças variáveis

Prof. Henrique Antonio Mendonça Faria

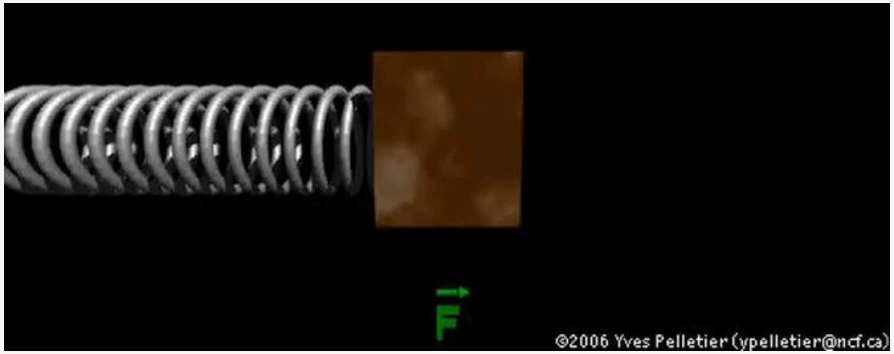
Trabalho com forças variáveis

- O que ocorre quando se comprime ou se estica uma mola?



Trabalho com forças variáveis

- O que ocorre quando se comprime ou se estica uma mola?



- Quanto mais ela se estica, maior é o esforço para puxá-la.
- Nesse caso a força exercida não é constante.

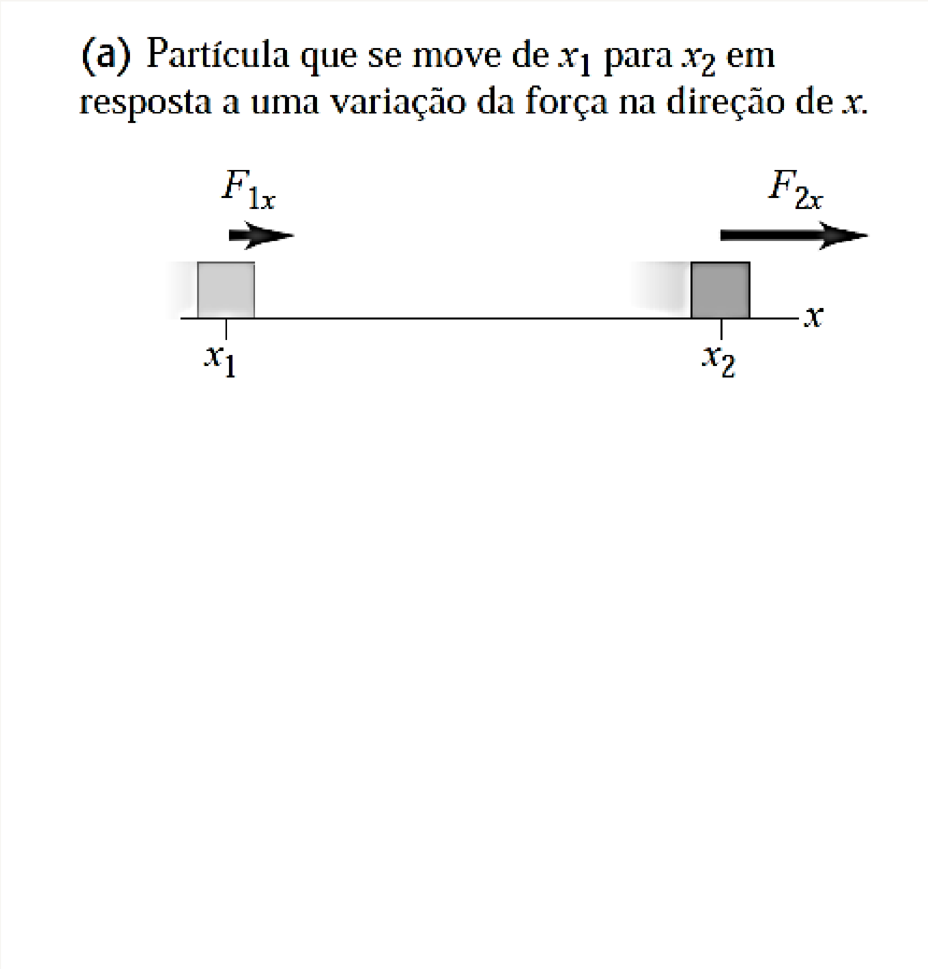
Trabalho com forças variáveis

- Em diversas situações, as forças aplicadas variam em módulo, direção e sentido ou o corpo se desloca em uma trajetória curva.

Trabalho com forças variáveis

- Em diversas situações, as forças aplicadas variam em módulo, direção e sentido ou o corpo se desloca em uma trajetória curva.
- Felizmente, o teorema do trabalho-energia permanece válido, mesmo quando consideramos forças variáveis e quando o corpo descreve uma trajetória curva.

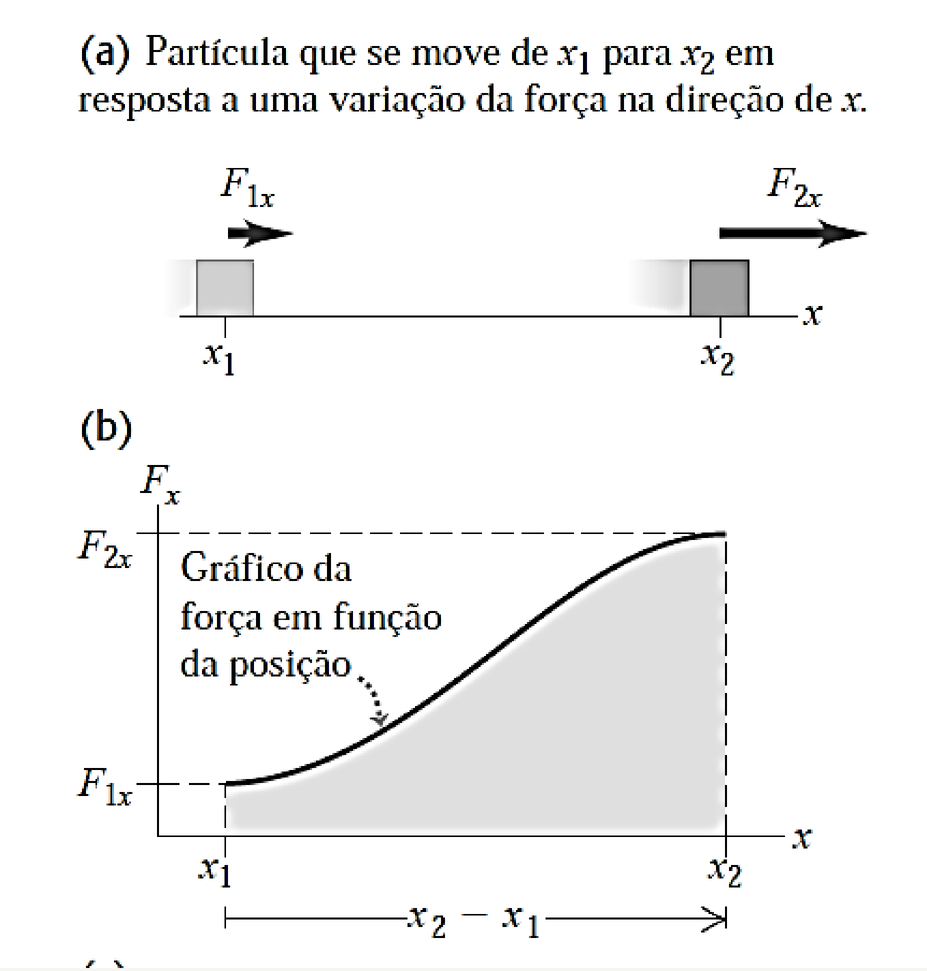
Trabalho com forças variáveis



O módulo da Força é variável

Figura 6.16 Cálculo do trabalho realizado por uma força variável F_x na direção de x, enquanto uma partícula se move de x_1 para x_2.
Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho com forças variáveis

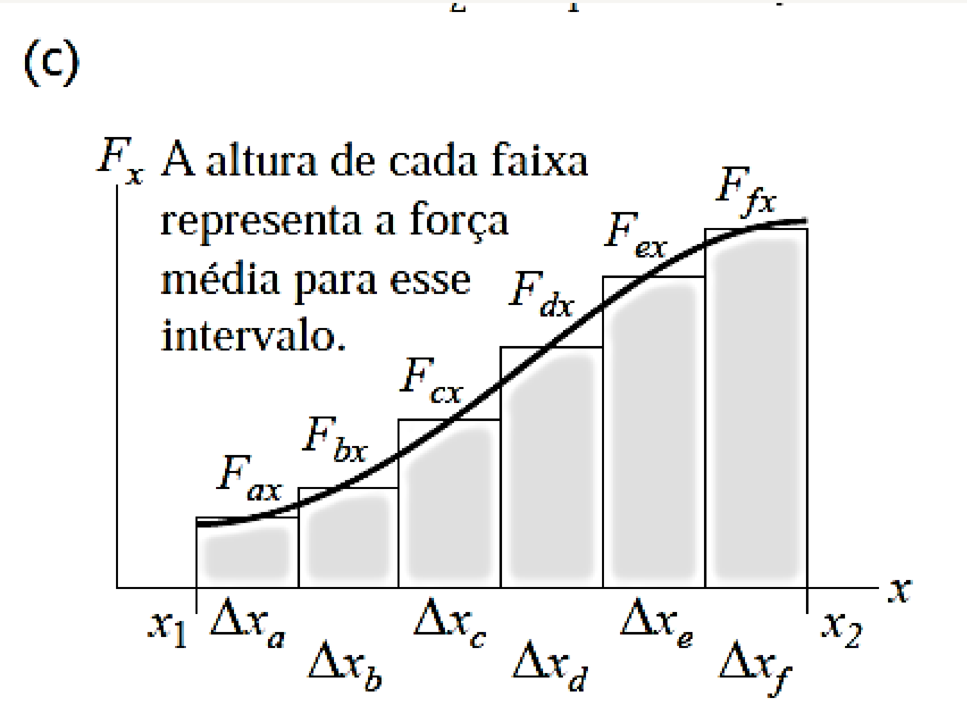


O módulo da Força é variável

Queremos calcular o trabalho da componente x da força no deslocamento entre x_1 e x_2.

Figura 6.16 Cálculo do trabalho realizado por uma força variável F_x na direção de x, enquanto uma partícula se move de x_1 para x_2.
Fonte: Sears e Zemansky

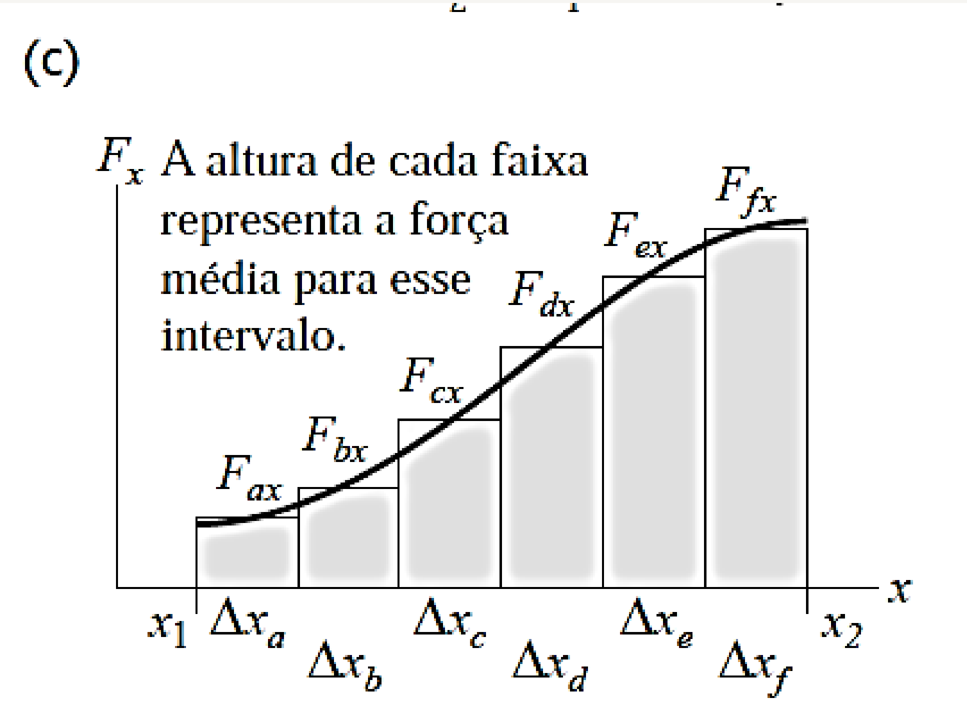
Trabalho com forças variáveis



Dividimos o deslocamento total em pequenos segmentos.

Figura 6.16 Cálculo do trabalho realizado por uma força variável F_x na direção de x, enquanto uma partícula se move de x_1 para x_2.
Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho com forças variáveis



Dividimos o deslocamento total em pequenos segmentos.

Aproximamos o trabalho realizado pela força no deslocamento Δ_{ax} como a força média F_{ax} neste intervalo multiplicada por este deslocamento.

Figura 6.16 Cálculo do trabalho realizado por uma força variável F_x na direção de x, enquanto uma partícula se move de x_1 para x_2.

Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho com forças variáveis

- O trabalho realizado pela força no deslocamento de x_1 a x_2 é dado aproximadamente por:

$$W = F_{ax}\Delta x_a + F_{bx}\Delta x_b + \cdots$$

Trabalho com forças variáveis

- O trabalho realizado pela força no deslocamento de x_1 a x_2 é dado aproximadamente por:

$$W = F_{ax}\Delta x_a + F_{bx}\Delta x_b + \cdots$$

- À medida que o número de segmentos aumenta, essa soma fornece (no limite) a integral de F_x de x_1 a x_2:

$$\boxed{W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx}$$

Trabalho com forças variáveis

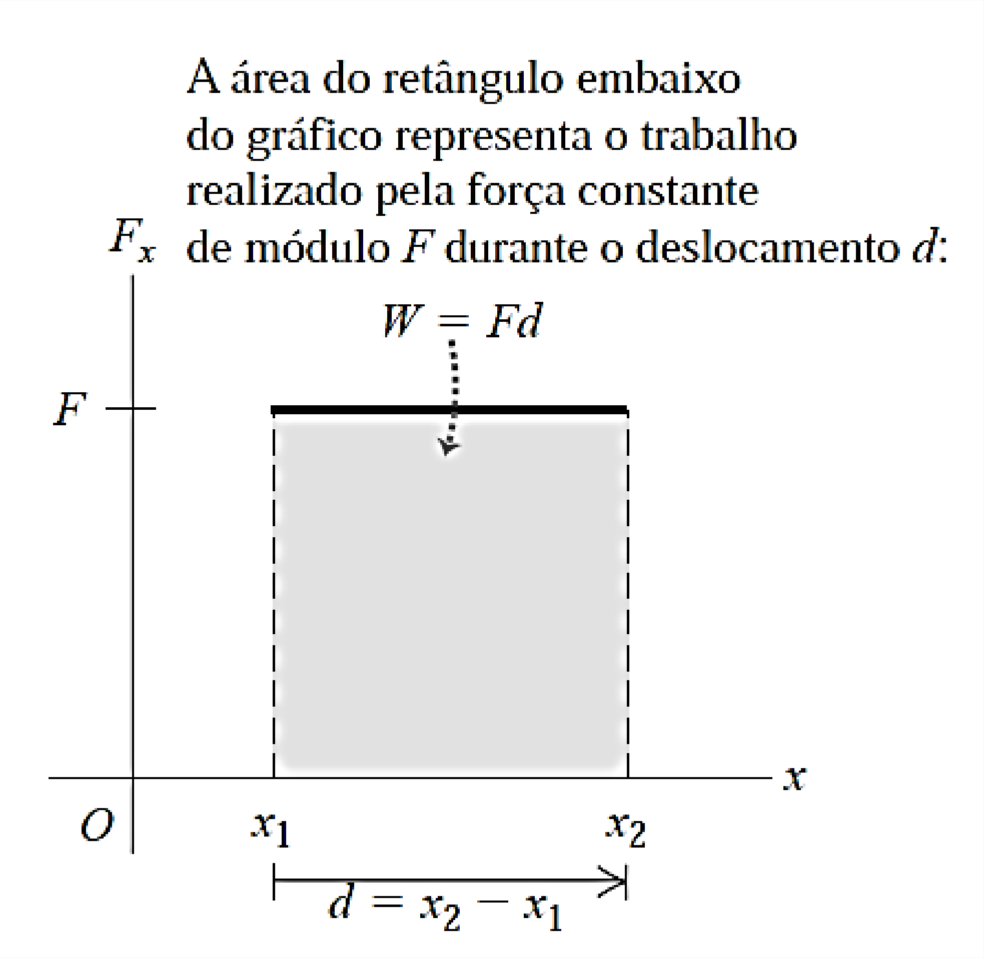
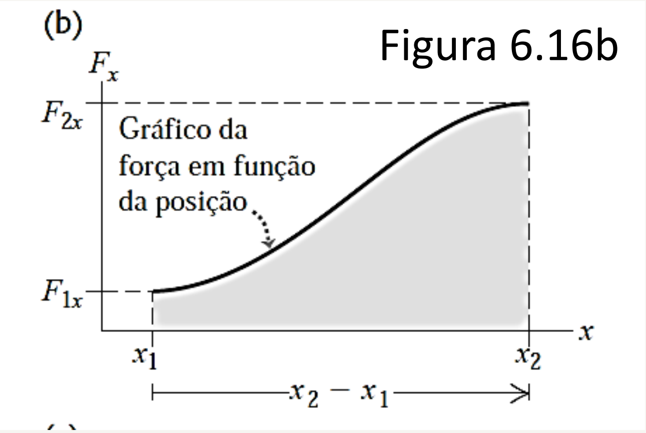


Figura 6.17 O trabalho realizado por uma força *F* constante no sentido do eixo Ox enquanto uma partícula se move de x_1 para x_2.
Fonte: Sears e Zemansky

Trabalho com forças variáveis

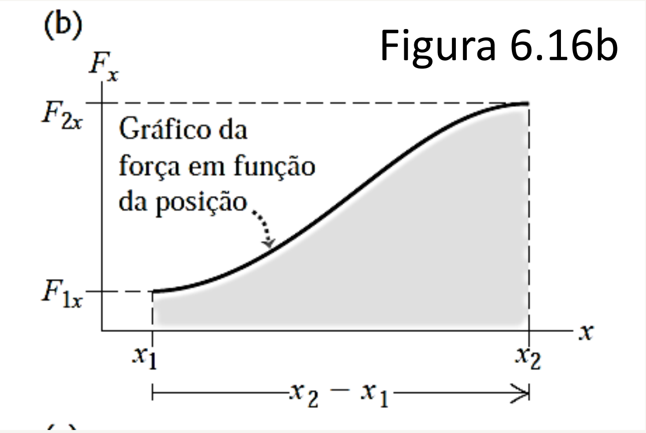
$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$$



- A integral representa a área abaixo da curva da Figura 6.16b no deslocamento de x_1 a x_2.

Trabalho com forças variáveis

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx$$



- A integral representa a área abaixo da curva da Figura 6.16b no deslocamento de x_1 a x_2.

Em um gráfico da força em função da posição, o trabalho total realizado pela força é representado pela área abaixo da curva entre a posição inicial e a posição final.

Trabalho com forças variáveis

- A integral também se aplica no caso particular em que o componente x da força *F* for constante:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = F_x \int_{x_1}^{x_2} dx = F_x(x_2 - x_1) = F_x d$$

Trabalho com forças variáveis

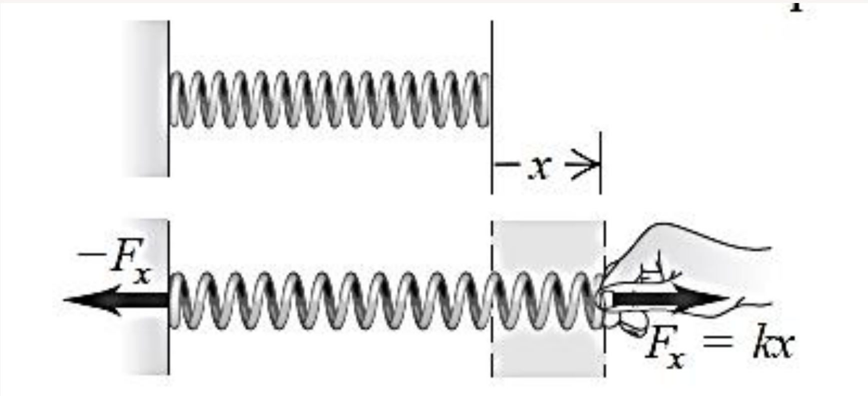
- A integral também se aplica no caso particular em que o componente x da força *F* for constante:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = F_x \int_{x_1}^{x_2} dx = F_x(x_2 - x_1) = F_x d$$

- O que concorda com a equação do trabalho para uma força constante em um deslocamento d:

$$W = Fd$$

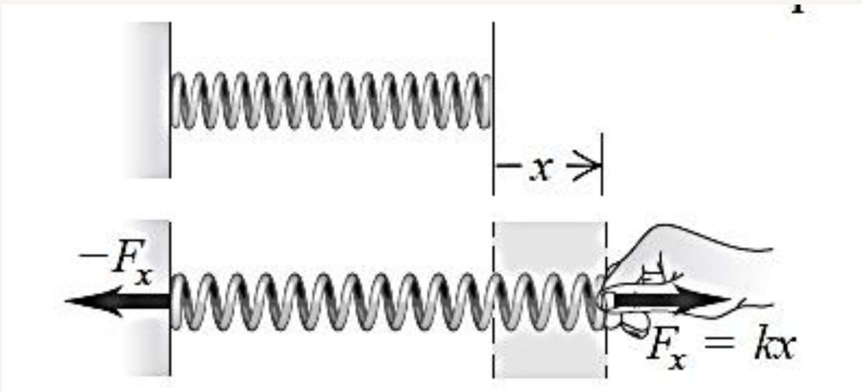
Deformação de molas



Para esticar a mola de uma distância x além de sua posição não deformada, devemos aplicar uma força de módulo F em cada uma de suas extremidades.

Figura 6.18 A força necessária para esticar a mola ideal é diretamente proporcional ao seu alongamento. **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas



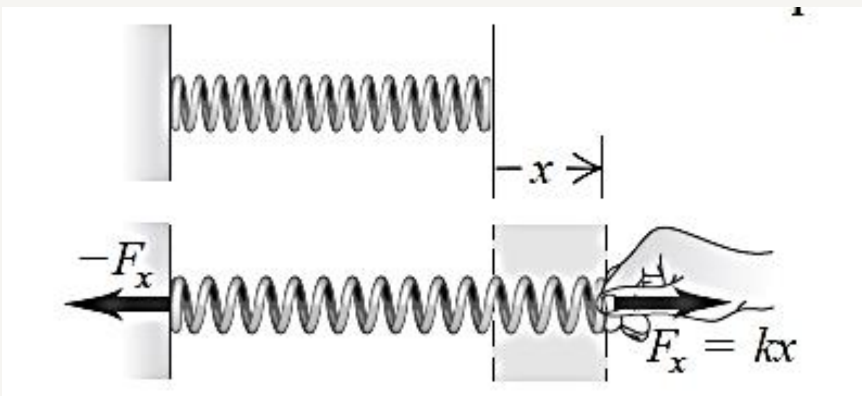
Para **esticar a mola** de uma distância x além de sua posição não deformada, devemos aplicar uma força de módulo F em cada uma de suas extremidades.

$$F_x = kx$$

K: denominada **constante da força** ou **constante da mola**

Figura 6.18 A força necessária para esticar a mola ideal é diretamente proporcional ao seu alongamento. **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas



Para **esticar a mola** de uma distância x além de sua posição não deformada, devemos aplicar uma força de módulo F em cada uma de suas extremidades.

$$F_x = kx$$

***K**:* denominada **constante da força** ou **constante da mola**

$\boldsymbol{k} = 1\ N/m$ *Brinquedo*

$\boldsymbol{k} = 10^5\ N/m$ *Suspensão automotiva*

Figura 6.18 A força necessária para esticar a mola ideal é diretamente proporcional ao seu alongamento. **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas

- A observação de que a força é diretamente proporcional ao deslocamento quando o deslocamento não é muito grande foi feita em 1678 por Robert Hooke.

Deformação de molas

- A observação de que a força é diretamente proporcional ao deslocamento quando o deslocamento não é muito grande foi feita em 1678 por Robert Hooke.
- Sendo conhecida como **lei de Hooke**, embora seja uma relação específica e não uma lei.

Deformação de molas

- A observação de que a força é diretamente proporcional ao deslocamento quando o deslocamento não é muito grande foi feita em 1678 por Robert Hooke.
- Sendo conhecida como **lei de Hooke**, embora seja uma relação específica.
- As molas reais não obedecem à Equação $F_x = kx$ de modo exato, contudo ela é um modelo idealizado bastante útil.

Deformação de molas

- Para esticar uma mola devemos aplicamos forças ($F_x = kx$) iguais e opostas às extremidades e gradualmente aumentamos as forças.

Figura 6.19 Cálculo do trabalho realizado para esticar a mola em um alongamento X. **Fonte:** Sears e Zemansky

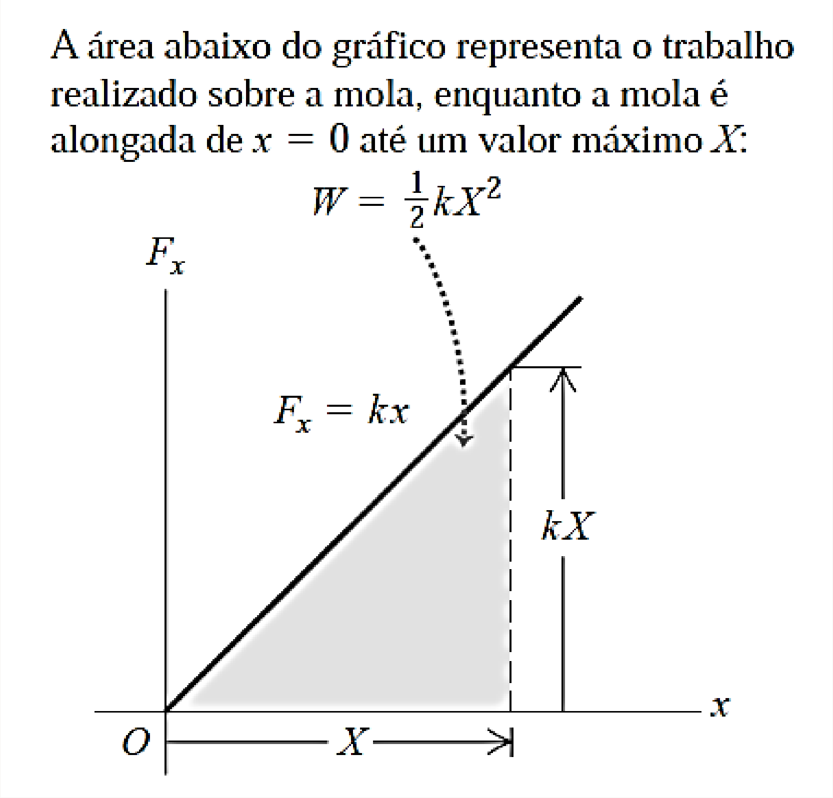
Deformação de molas

- Para esticar uma mola devemos aplicamos forças ($F_x = kx$) iguais e opostas às extremidades e gradualmente aumentamos as forças.
- Ou seja realizar um trabalho.

Figura 6.19 Cálculo do trabalho realizado para esticar a mola em um alongamento X. **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas

- Para esticar uma mola devemos aplicamos forças ($F_x = kx$) iguais e opostas às extremidades e gradualmente aumentamos as forças.
- Ou seja realizar um trabalho.



$$W = \int_0^X F_x dx = \int_0^X kx\, dx = \frac{1}{2}kX^2$$

Figura 6.19 Cálculo do trabalho realizado para esticar a mola em um alongamento X. **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas

- Se a mola sofre um alongamento inicial x_1, o **trabalho realizado para esticá-la** até um alongamento final x_2 é dado por:

Figura 6.20 Cálculo do trabalho realizado para esticar uma mola de uma extensão a outra maior **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas

- Se a mola sofre um alongamento inicial x_1, o **trabalho realizado para esticá-la** até um alongamento final x_2 é dado por:

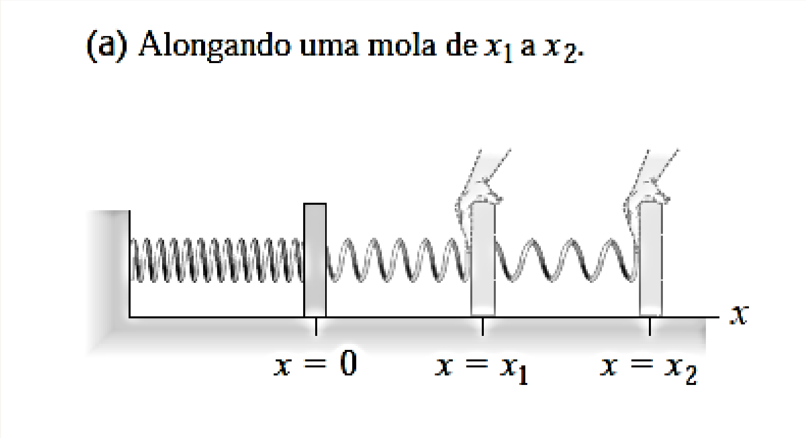


Figura 6.20 Cálculo do trabalho realizado para esticar uma mola de uma extensão a outra maior **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas

- Se a mola sofre um alongamento inicial x_1, o **trabalho realizado para esticá-la** até um alongamento final x_2 é dado por:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = \int_{x_1}^{x_2} kx\, dx = \frac{1}{2}k{x_2}^2 - \frac{1}{2}k{x_1}^2$$

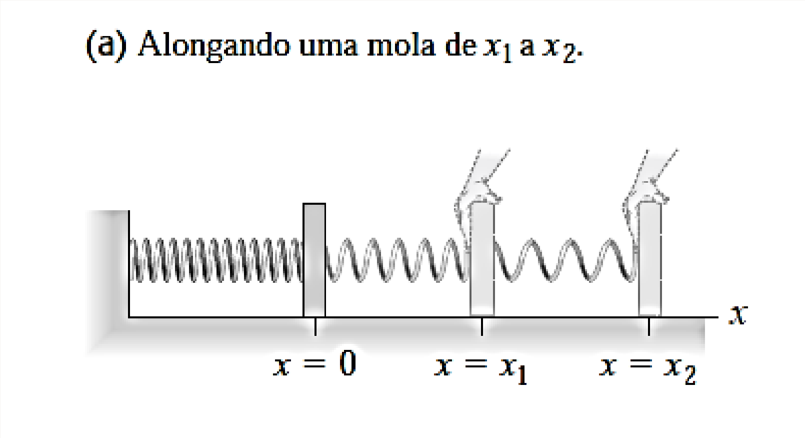
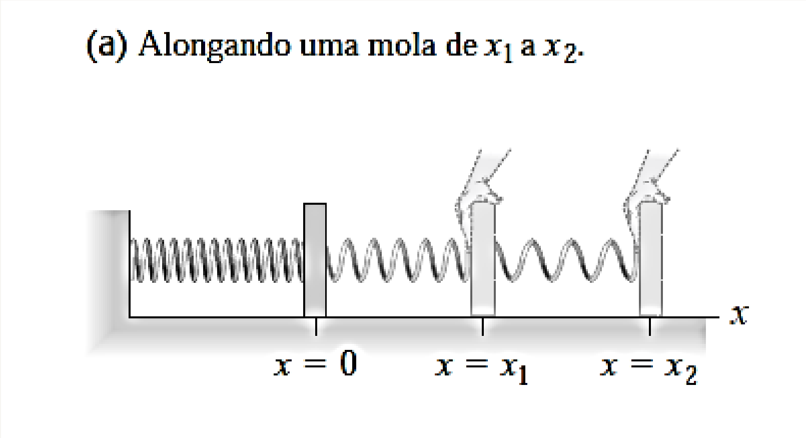


Figura 6.20 Cálculo do trabalho realizado para esticar uma mola de uma extensão a outra maior **Fonte:** Sears e Zemansky

Deformação de molas

- Se a mola sofre um alongamento inicial x_1, o **trabalho realizado para esticá-la** até um alongamento final x_2 é dado por:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F_x dx = \int_{x_1}^{x_2} kx\, dx = \frac{1}{2}k{x_2}^2 - \frac{1}{2}k{x_1}^2$$



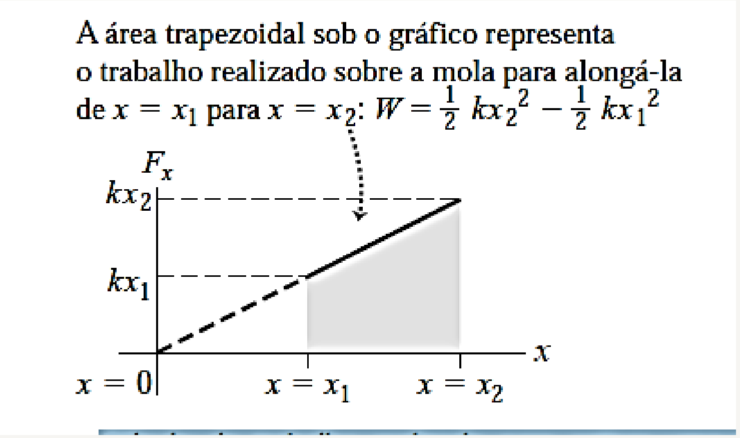


Figura 6.20 Cálculo do trabalho realizado para esticar uma mola de uma extensão a outra maior **Fonte:** Sears e Zemansky

Trabalho realizado sobre uma mola versus trabalho realizado por uma mola

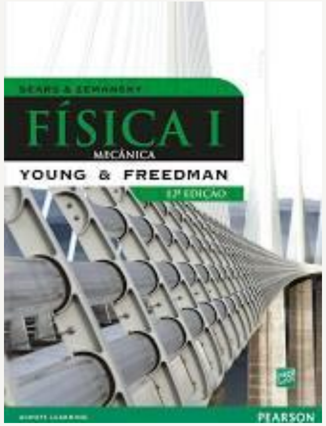
- A Equação que deduzimos ($\boldsymbol{F_x = kx}$) fornece o **trabalho que se deve produzir sobre uma mola para mudar seu comprimento**.

Trabalho realizado sobre uma mola versus trabalho realizado por uma mola

- A Equação que deduzimos ($F_x = kx$) fornece o trabalho que se deve produzir sobre uma mola para mudar seu comprimento.
- Por outro lado, **o trabalho que a mola realiza sobre o corpo** ao qual está atrelado é dado pela negativa da Equação ($\boldsymbol{F_x = -kx}$).

Referências

1. H.D. YOUNG, R.A. FREEDMAN, Sears e Zemansky, Física I – Mecânica, Addison Wesley Ed, São Paulo, 12a Edição, 2008. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/270



2. M. ALONSO e, E.J. FINN, Física: Um Curso Universitário. v.1, Editora Edgard Blucher Ltda, São Paulo, 1999. Disponível em: https://plataforma.bvirtual.com.br/Acervo/Publicacao/158847

Contatos

profhenriquefaria.com

henrique.faria@unesp.br