

# Física I

## Semana 11 - Aula 1

### Energia potencial

Prof. Henrique Antonio Mendonça Faria

# Energia potencial

- Um mergulhador pula de um trampolim com velocidade relativamente elevada e com grande energia cinética.
- De onde provém essa energia?

# Energia potencial

- Um mergulhador pula de um trampolim com velocidade relativamente elevada e com grande energia cinética.
- De onde provém essa energia?
- Aprendemos que a força gravitacional (seu peso) exerce um trabalho sobre o mergulhador durante sua queda.

# Energia potencial

- Um mergulhador pula de um trampolim com velocidade relativamente elevada e com grande energia cinética.
- De onde provém essa energia?
- Aprendemos que a força gravitacional (seu peso) exerce um trabalho sobre o mergulhador durante sua queda.
- A energia cinética do mergulhador aumenta em quantidade igual ao trabalho realizado sobre ele.

# Energia potencial

- Existe um modo alternativo muito útil para estudar conceitos envolvendo trabalho e energia cinética.

# Energia potencial

- Existe um modo alternativo muito útil para estudar conceitos envolvendo trabalho e energia cinética.
- Esse novo método se pauta no conceito de energia potencial, que é a energia associada com a posição da partícula.

# Energia potencial

- Existe um modo alternativo muito útil para estudar conceitos envolvendo trabalho e energia cinética.
- Esse novo método se pauta no conceito de energia potencial, que é a energia associada com a posição da partícula.
- Segundo essa abordagem, existe *energia potencial gravitacional* mesmo no caso de o mergulhador ficar parado sobre o trampolim.

# Energia potencial

- No caso do mergulhador, uma energia armazenada é transformada de uma forma (energia potencial) para outra forma (energia cinética) durante sua queda.



# Energia potencial

- No caso do mergulhador, uma energia armazenada é transformada de uma forma (energia potencial) para outra forma (energia cinética) durante sua queda.
- Essa transformação pode ser entendida a partir do teorema do trabalho-energia.

# Energia potencial

- No caso do mergulhador, uma energia armazenada é transformada de uma forma (energia potencial) para outra forma (energia cinética) durante sua queda.
- Essa transformação pode ser entendida a partir do teorema do trabalho-energia.
- **Tipos de energia potencial:**
  1. Gravitacional.
  2. Elástica.
  3. Relativa à posição entre cargas elétricas.

# Energia potencial


- Em alguns casos a soma da energia potencial com a energia cinética, fornece a energia mecânica total de um sistema.

# Energia potencial

- Em alguns casos a soma da energia potencial com a energia cinética, fornece a energia mecânica total de um sistema.
- A energia mecânica total de um sistema, permanece constante durante o movimento desse sistema.

# Energia potencial

- Em alguns casos a soma da energia potencial com a energia cinética, fornece a energia mecânica total de um sistema.
- A energia mecânica total de um sistema, permanece constante durante o movimento desse sistema.
- Isso nos conduzirá a uma formulação geral da lei da conservação da energia, um dos princípios mais fundamentais e abrangentes de todas as ciências.



# **1. Energia potencial gravitacional**

# 1. Energia potencial gravitacional

- Aprendemos que durante qualquer interação a variação da energia cinética da partícula é igual ao trabalho total realizado pelas forças que atuam sobre a partícula.

# 1. Energia potencial gravitacional

- Aprendemos que durante qualquer interação a variação da energia cinética da partícula é igual ao trabalho total realizado pelas forças que atuam sobre a partícula.
- Para elevar uma pedra no ar é necessário realizar um trabalho.



# 1. Energia potencial gravitacional

- Aprendemos que durante qualquer interação a variação da energia cinética da partícula é igual ao trabalho total realizado pelas forças que atuam sobre a partícula.
- Para elevar uma pedra no ar é necessário realizar um trabalho.
- Parece razoável entender que ao ser elevada o sistema armazena energia que será mais tarde convertida em energia cinética na queda.

# 1. Energia potencial gravitacional

- A energia potencial associada com o peso do corpo e com sua altura acima do solo é chamada de energia potencial gravitacional.

# 1. Energia potencial gravitacional

- A energia potencial associada com o peso do corpo e com sua altura acima do solo é chamada de energia potencial gravitacional.
- Duas maneiras de descrever o que ocorre quando um **corpo cai sem resistência do ar**:

# 1. Energia potencial gravitacional

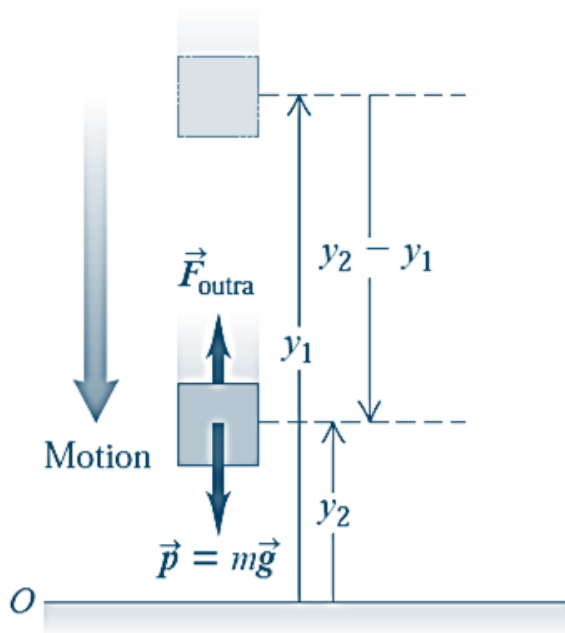
- A energia potencial associada com o peso do corpo e com sua altura acima do solo é chamada de energia potencial gravitacional.
- Duas maneiras de descrever o que ocorre quando um **corpo cai sem resistência do ar**:
  1. A energia potencial gravitacional diminui à medida que a energia cinética aumenta.

# 1. Energia potencial gravitacional

- A energia potencial associada com o peso do corpo e com sua altura acima do solo é chamada de energia potencial gravitacional.
- Duas maneiras de descrever o que ocorre quando um **corpo cai sem resistência do ar**:
  1. A energia potencial gravitacional diminui à medida que a energia cinética aumenta.
  2. A energia cinética aumenta porque a força gravitacional sobre o corpo (o seu peso) realiza trabalho sobre ele. (conceito anterior)

# 1. Energia potencial gravitacional

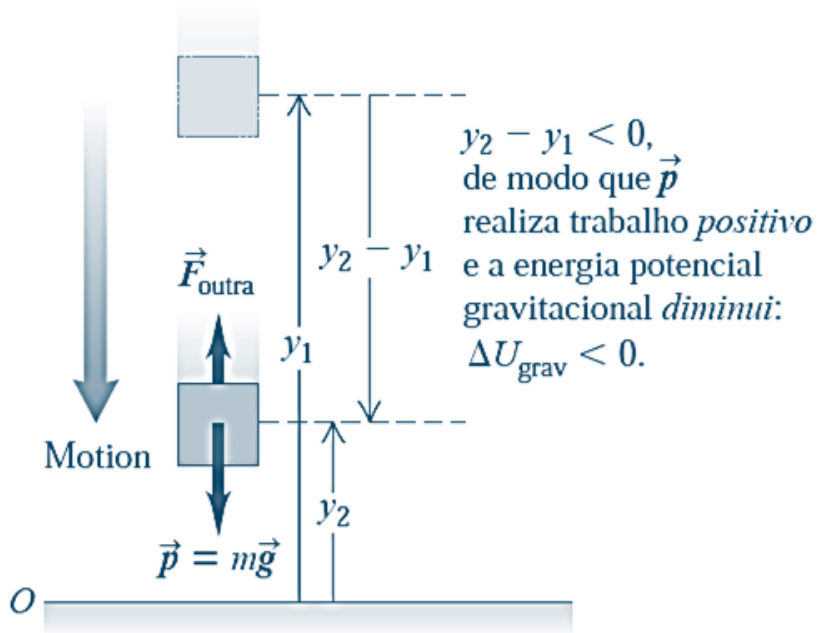
(a) Um corpo se move de cima para baixo.



**Figura 7.2** Durante o movimento vertical de um corpo desde uma altura inicial  $y_1$  até uma altura final  $y_2$ , um trabalho é realizado pela força gravitacional e a energia potencial gravitacional sofre variação. **Fonte:** Sears e Zemansky

# 1. Energia potencial gravitacional

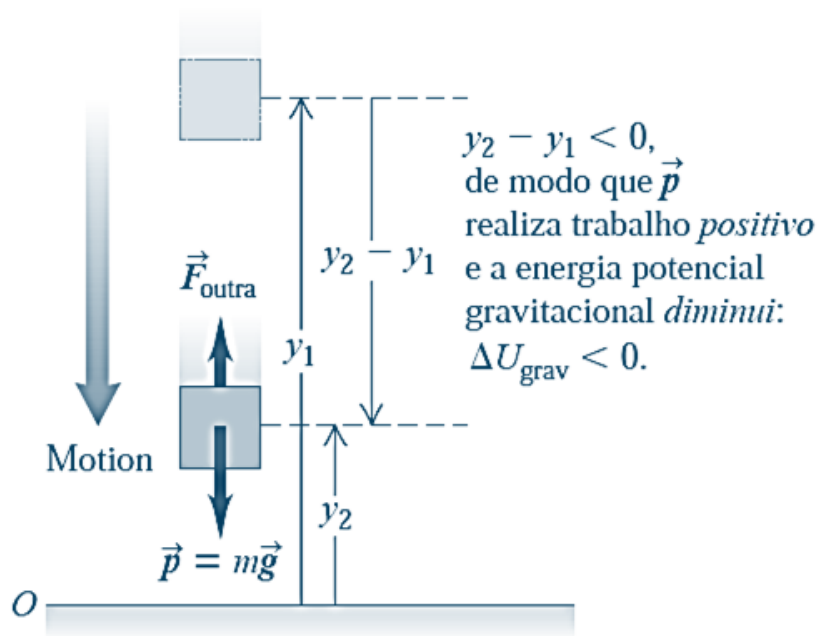
(a) Um corpo se move de cima para baixo.



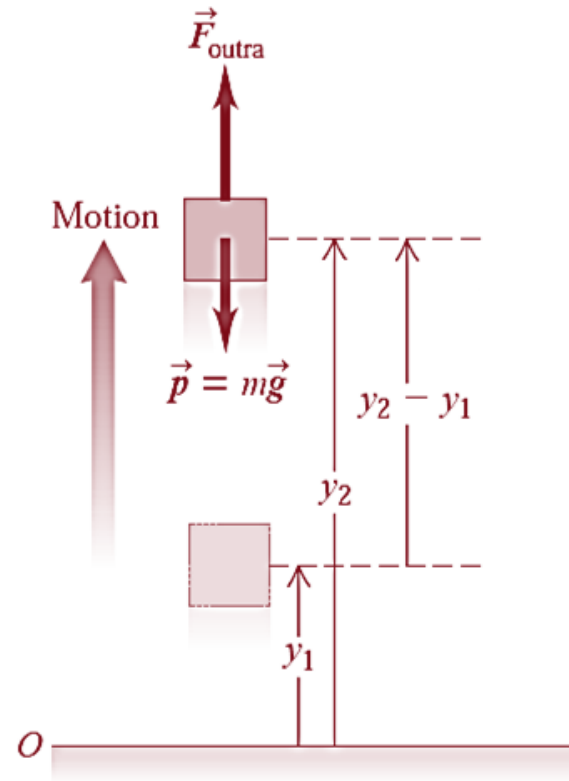
**Figura 7.2** Durante o movimento vertical de um corpo desde uma altura inicial  $y_1$  até uma altura final  $y_2$ , um trabalho é realizado pela força gravitacional e a energia potencial gravitacional sofre variação. **Fonte:** Sears e Zemansky

# 1. Energia potencial gravitacional

(a) Um corpo se move de cima para baixo.



(b) Um corpo se move de baixo para cima.

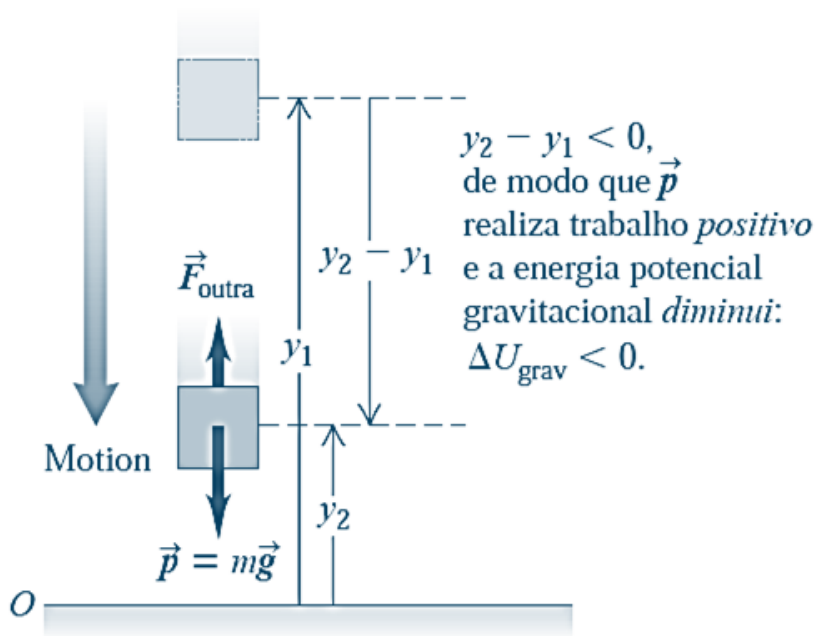


**Figura 7.2** Durante o movimento vertical de um corpo desde uma altura inicial  $y_1$  até uma altura final  $y_2$ , um trabalho é realizado pela força gravitacional e a energia potencial gravitacional sofre variação. **Fonte:** Sears e Zemansky

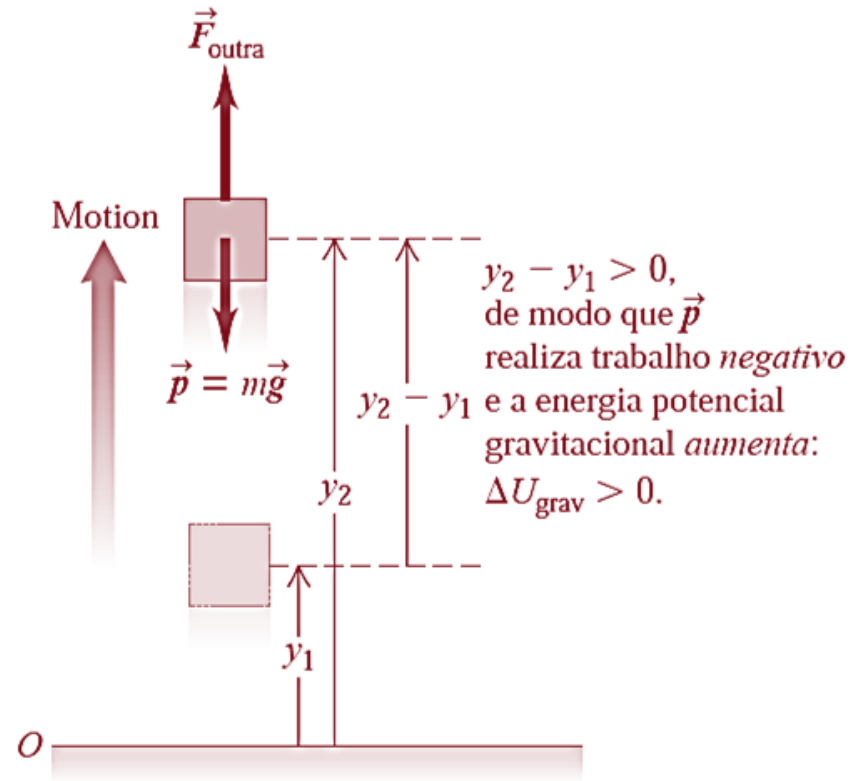


# 1. Energia potencial gravitacional

(a) Um corpo se move de cima para baixo.



(b) Um corpo se move de baixo para cima.



**Figura 7.2** Durante o movimento vertical de um corpo desde uma altura inicial  $y_1$  até uma altura final  $y_2$ , um trabalho é realizado pela força gravitacional e a energia potencial gravitacional sofre variação. **Fonte:** Sears e Zemansky

# 1. Energia potencial gravitacional

- A grandeza, produto do peso  $mg$  pela altura  $y$  acima da origem do sistema de coordenadas, denomina-se energia potencial gravitacional,  $U_{grav}$ .

$$U_{grav} = mgy$$

# 1. Energia potencial gravitacional

- A grandeza, produto do peso  $mg$  pela altura  $y$  acima da origem do sistema de coordenadas, denomina-se energia potencial gravitacional,  $U_{grav}$ .

$$U_{grav} = mgy$$

- A variação de  $U_{grav}$  é o seu valor final menos o inicial:

$$\Delta U_{grav} = U_{grav, 2} - U_{grav, 1}$$

# 1. Energia potencial gravitacional

- Podemos expressar o trabalho  $W_{\text{grav}}$  realizado pela força gravitacional durante o deslocamento de  $y_1$  a  $y_2$  do seguinte modo:

# 1. Energia potencial gravitacional

- Podemos expressar o trabalho  $W_{\text{grav}}$  realizado pela força gravitacional durante o deslocamento de  $y_1$  a  $y_2$  do seguinte modo:

$$W_{\text{grav}} = U_{\text{grav}, 1} - U_{\text{grav}, 2}$$

# 1. Energia potencial gravitacional

- Podemos expressar o trabalho  $W_{\text{grav}}$  realizado pela força gravitacional durante o deslocamento de  $y_1$  a  $y_2$  do seguinte modo:

$$W_{\text{grav}} = U_{\text{grav}, 1} - U_{\text{grav}, 2}$$

$$W_{\text{grav}} = -(U_{\text{grav}, 2} - U_{\text{grav}, 1}) =$$

# 1. Energia potencial gravitacional

- Podemos expressar o trabalho  $W_{grav}$  realizado pela força gravitacional durante o deslocamento de  $y_1$  a  $y_2$  do seguinte modo:

$$W_{grav} = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

$$W_{grav} = -(U_{grav,2} - U_{grav,1}) = -\Delta U_{grav}$$

# 1. Energia potencial gravitacional

- Podemos expressar o trabalho  $W_{\text{grav}}$  realizado pela força gravitacional durante o deslocamento de  $y_1$  a  $y_2$  do seguinte modo:

$$W_{\text{grav}} = U_{\text{grav}, 1} - U_{\text{grav}, 2}$$

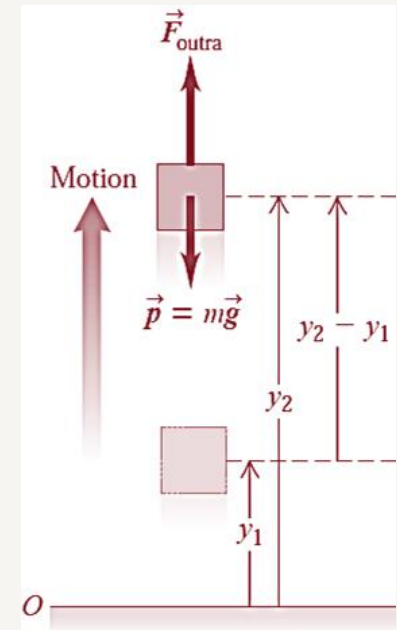
$$W_{\text{grav}} = -(U_{\text{grav}, 2} - U_{\text{grav}, 1}) = -\Delta U_{\text{grav}}$$

- O sinal negativo antes de  $U_{\text{grav}}$  é fundamental.



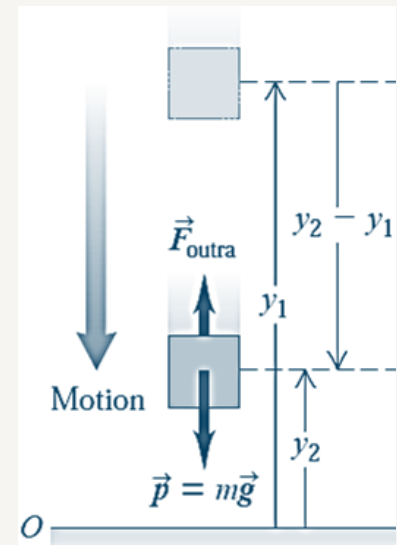
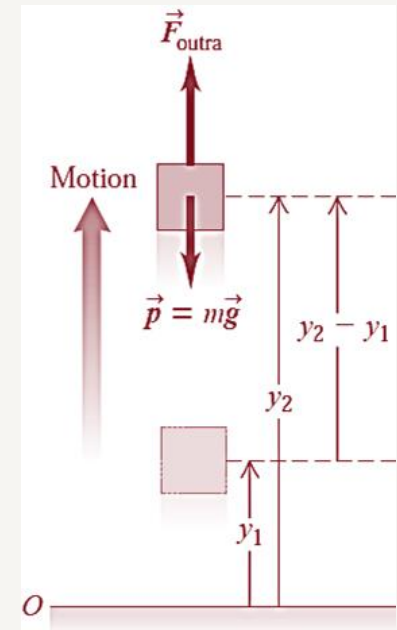
# 1. Energia potencial gravitacional

- Quando um corpo se move de **baixo para cima**, y aumenta, o  $W_{\text{grav}} < 0$  e a energia potencial gravitacional aumenta ( $U_{\text{grav}} > 0$ ).



# 1. Energia potencial gravitacional

- Quando um corpo se move de **baixo para cima**, y aumenta, o  $W_{\text{grav}} < 0$  e a energia potencial gravitacional aumenta ( $U_{\text{grav}} > 0$ ).
- Quando um corpo se move de **cima para baixo**, y diminui, o  $W_{\text{grav}} > 0$  e a energia potencial gravitacional diminui ( $U_{\text{grav}} < 0$ ).





**Conservação da energia  
mecânica  
(somente forças  
gravitacionais)**

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se o peso for a única força atuando sobre o corpo:

$$W_{tot} = W_{grav} = -\Delta U_{grav}$$

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se o peso for a única força atuando sobre o corpo:

$$W_{tot} = W_{grav} = -\Delta U_{grav}$$

$$W_{tot} = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se o peso for a única força atuando sobre o corpo:

$$W_{tot} = W_{grav} = -\Delta U_{grav}$$

$$W_{tot} = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

- Utilizando o teorema do trabalho-energia:

$$\Delta K = -\Delta U_{grav}$$

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se o peso for a única força atuando sobre o corpo:

$$W_{tot} = W_{grav} = -\Delta U_{grav}$$

$$W_{tot} = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

- Utilizando o teorema do trabalho-energia:

$$\Delta K = -\Delta U_{grav} \quad \text{ou} \quad K_2 - K_1 = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se o peso for a única força atuando sobre o corpo:

$$W_{tot} = W_{grav} = -\Delta U_{grav}$$

$$W_{tot} = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

- Utilizando o teorema do trabalho-energia:

$$\Delta K = -\Delta U_{grav} \quad \text{ou} \quad K_2 - K_1 = U_{grav,1} - U_{grav,2}$$

$$K_1 + U_{grav,1} = K_2 + U_{grav,2}$$



# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se  $K_1 + U_{grav,1} = K_2 + U_{grav,2}$  então:

$$\frac{1}{2}m v_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2}m v_2^2 + mgy_2$$

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se  $K_1 + U_{grav,1} = K_2 + U_{grav,2}$  então:

$$\frac{1}{2}m v_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2}m v_2^2 + mgy_2$$

- Definimos a soma  $K + U_{grav}$  da energia cinética com a energia potencial como  $E$ , a **energia mecânica total do sistema**.

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- Se  $K_1 + U_{grav,1} = K_2 + U_{grav,2}$  então:

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + mgy_1 = \frac{1}{2} m v_2^2 + mgy_2$$

- Definimos a soma  $K + U_{grav}$  da energia cinética com a energia potencial como  $E$ , a **energia mecânica total do sistema**.
- O 'sistema' aqui considerado é o corpo de massa  $m$  juntamente com a Terra, visto que a  $U_{grav}$  é uma propriedade compartilhada pela Terra e pelo corpo.

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- A energia mecânica total  $E$  possui o mesmo valor em todos os pontos durante o movimento do corpo.

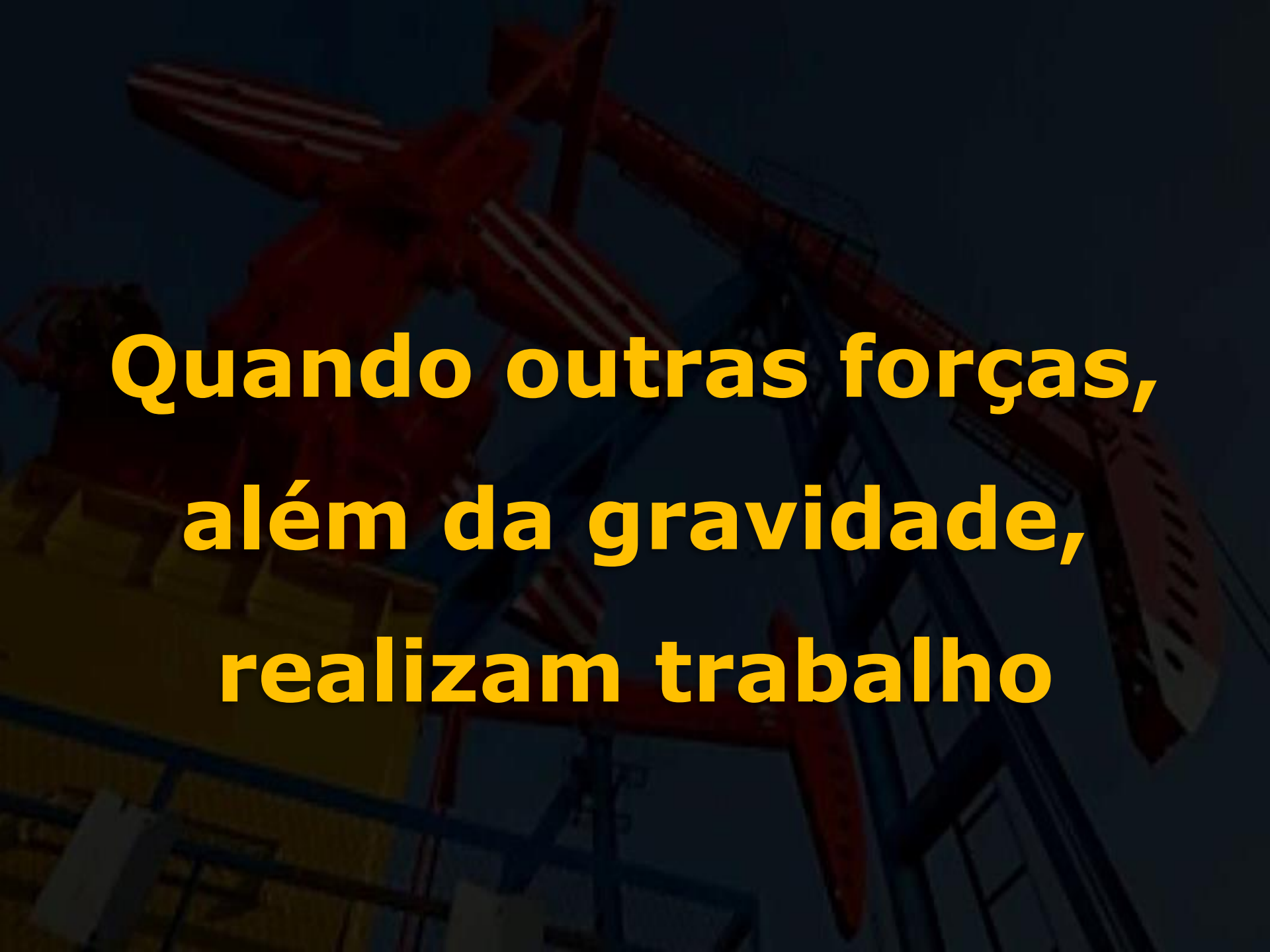
$$E = K + U_{grav} = \textit{constante}$$

# Conservação da energia mecânica (somente forças gravitacionais)

- A energia mecânica total  $E$  possui o mesmo valor em todos os pontos durante o movimento do corpo.

$$E = K + U_{grav} = \text{constante}$$

*Quando somente a gravidade realiza trabalho, a energia mecânica total é constante, ou seja, ela é conservada.*

A dark, low-angle photograph of a construction site. The image shows the skeletal structure of a building under construction, with a large crane arm extending across the upper portion of the frame. The lighting is dim, creating a moody atmosphere. The text is overlaid in a bright yellow color.

**Quando outras forças,  
além da gravidade,  
realizam trabalho**

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- O trabalho total  $W_{tot}$ , é dado agora pela soma de  $W_{grav}$  com o trabalho realizado pela outra força  $W_{outra}$ .

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- O trabalho total  $W_{tot}$ , é dado agora pela soma de  $W_{grav}$  com o trabalho realizado pela outra força  $W_{outra}$ .
- Igualando esse trabalho com a variação da energia cinética:

$$W_{outra} + W_{grav} = K_2 - K_1$$



# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- O trabalho total  $W_{tot}$ , é dado agora pela soma de  $W_{grav}$  com o trabalho realizado pela outra força  $W_{outra}$ .
- Igualando esse trabalho com a variação da energia cinética:

$$W_{outra} + W_{grav} = K_2 - K_1$$

$$W_{outra} + U_{grav,1} - U_{grav,2} = K_2 - K_1$$

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- O trabalho total  $W_{tot}$ , é dado agora pela soma de  $W_{grav}$  com o trabalho realizado pela outra força  $W_{outra}$ .
- Igualando esse trabalho com a variação da energia cinética:

$$W_{outra} + W_{grav} = K_2 - K_1$$

$$W_{outra} + U_{grav,1} - U_{grav,2} = K_2 - K_1$$

$$K_1 + U_{grav,1} + W_{outra} = K_2 + U_{grav,2}$$

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- Usando as expressões apropriadas para os diversos termos da energia, obtemos:

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- Usando as expressões apropriadas para os diversos termos da energia, obtemos:

$$K_1 + U_{grav,1} + W_{outra} = K_2 + U_{grav,2}$$

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- Usando as expressões apropriadas para os diversos termos da energia, obtemos:

$$K_1 + U_{grav,1} + W_{outra} = K_2 + U_{grav,2}$$

$$\frac{1}{2} m v_1^2 + mgy_1 + W_{outra} = \frac{1}{2} m v_2^2 + mgy_2$$

# Quando outras forças, além da gravidade, realizam trabalho

- Usando as expressões apropriadas para os diversos termos da energia, obtemos:

$$K_1 + U_{grav,1} + W_{outra} = K_2 + U_{grav,2}$$

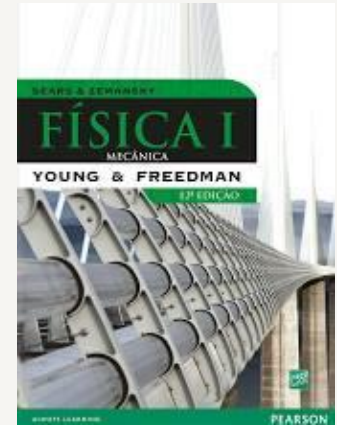
$$\frac{1}{2} m v_1^2 + mgy_1 + W_{outra} = \frac{1}{2} m v_2^2 + mgy_2$$

*O trabalho total realizado por outras forças além da gravidade é igual à variação da energia mecânica total.*

# 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](http://profhenriquefaria.com)



henrique.faria@unesp.br