CONSERVAÇÃO DA ENERGIA

➢ Introdução

Quando um mergulhador pula de um trampolim para uma piscina, ele atinge a água com uma velocidade relativamente elevada, possuindo grande **energia cinética**. De onde vem essa energia? Podemos dizer que a força gravitacional (seu peso) exerce uma trabalho sobre o mergulhador durante a queda. A energia cinética do mergulhador (a energia associada com seu movimento) aumenta de uma quantidade igual ao trabalho realizado sobre ele.

Existe um método útil para estudar conceitos envolvendo trabalho e energia cinética. Esse método é baseado no **conceito de energia potencial**, que é a energia associada com a posição da partícula e não ao seu movimento.

Chegou o momento de mostramos que em alguns casos a soma da **energia cinética** com a **energia potencial**, que fornece a energia mecânica total de um sistema, permanece constante durante o movimento do sistema. A lei da **conservação de energia**.

➢ Energia Potencial

Vimos no capítulo anterior que a energia cinética é dada por:

$$\boxed{K = \frac{1}{2}mv^2} \longleftarrow \text{Esta expressão é válida em geral.}$$

O mesmo não acontece com a energia potencial, ou seja, a expressão para a energia potencial depende do problema abordado. Por exemplo:

$$\begin{cases} U = mgh & \text{(energia potencial devido a força peso)} \\ U = \dfrac{1}{2}kx^2 & \text{(energia potencial elástica - sistema massa mola)} \end{cases}$$

➤ Energia Mecânica

A energia mecânica ***E*** de um sistema é a soma da energia cinética K e da energia potencial U. Nosso principal objetivo será verificar o que acontece com o valor da energia mecânica quando uma determinada força age dentro do sistema. Ela varia ou permanece constante?

$$\boxed{E = K + U} \quad \text{Quando} \begin{cases} \Delta E = 0 & \text{temos conservação da energia mecânica} \\ \Delta E \neq 0 & \text{a energia mecânica não é conservada} \end{cases}$$

A Força Elástica

A energia cinética K de um bloco em movimento se transforma na energia potencial U de uma mola comprimida e se transforma de novo em energia cinética. A energia mecânica E do sistema bloco-mola é a soma da energia cinética do bloco e da energia potencial da mola no mesmo instante de tempo.

A energia mecânica do sistema bloco-mola é conservada. Se E não fosse conservada, o bloco não voltaria para o estado inicial com a mesma energia cinética inicial.

A conservação da energia mecânica do sistema bloco-mola pode ser escrita na forma:

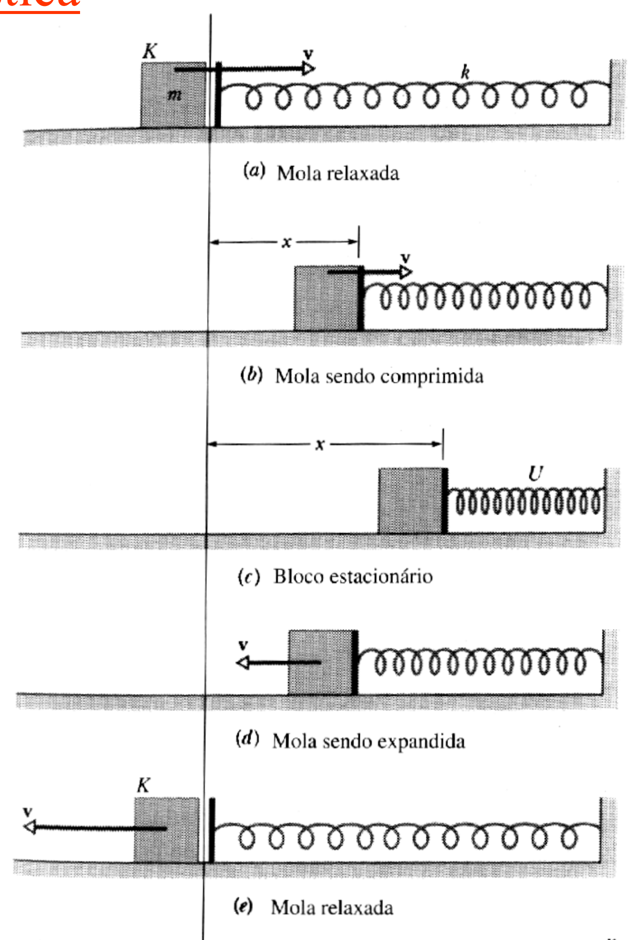


Fig. Sistema bloco-mola sem atrito

$$E = K_1 + U_1 = K_2 + U_2 = \cdots = K_n + U_n = \text{constante} \quad \Rightarrow \quad \Delta E = 0$$

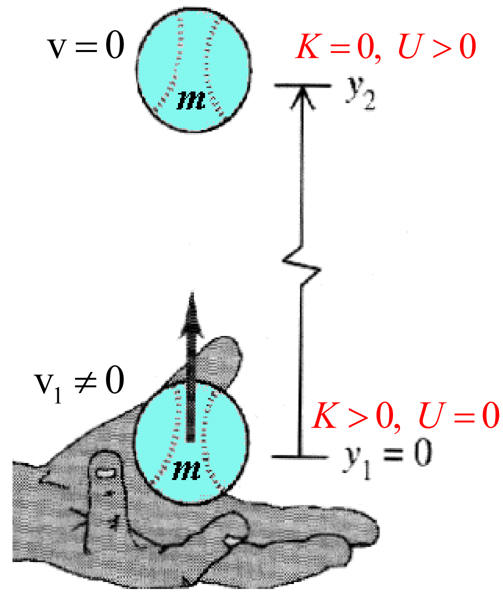
indica o instante durante o processo.

ou seja: $$\Delta K + \Delta U = 0$$

A força elástica é conservativa !

A Força Peso

Uma bola de massa m é arremessada para cima. Durante a subida, a energia é transferida da energia cinética da bola para energia potencial do sistema bola-Terra, até que bola pára por um instante. Em seguida, a bola começa a cair, recuperando a energia cinética, ao mesmo tempo que a energia potencial do sistema bola-Terra diminui.



Durante a subida e a descida da bola, a energia mecânica do sistema é conservada.

$$\boxed{\Delta E = 0 \;\Rightarrow\; \Delta K + \Delta U = 0}$$

A força peso é conservativa!

➢ Determinação da Energia Potencial

Suponha que uma única força $\boldsymbol{F}$, que pode ser a força peso ou força elástica, age sobre uma partícula, realizando uma quantidade de trabalho W. Combinando a conservação da energia mecânica e o teorema trabalho energia cinética.

$$\underbrace{\Delta K + \Delta U = 0}_{\text{conservação da energia mecânica}} \qquad \text{e} \qquad \underbrace{W = \Delta K}_{\text{teorema trabalho energia}}$$

temos:

$$\boxed{\Delta U = -W \quad (\text{definição de } \Delta U)}$$

Assim, se uma força muda a energia potencial de um sistema e altera a sua configuração, a variação de energia potencial é igual ao trabalho realizado pela força com o sinal oposto. Vemos também que a unidade de trabalho, isto é, o joule.

➢ Expressões para a Energia Potencial

Caso Unidimensional: $\Delta U = -W = -\int_{x_i}^{x_f} F(x)dx$

<u>Energia Potencial Elástica:</u> $\boxed{F(x) = -kx}$ ← Força sistema massa-mola

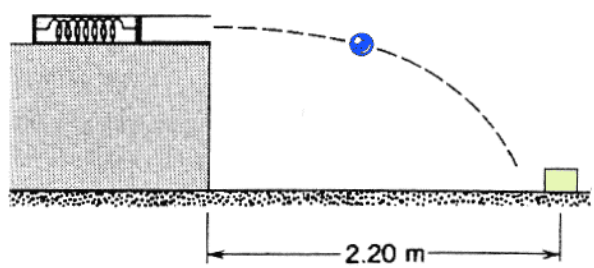
$$\boxed{U(x) = -\int_0^x (-kx)dx \quad \Rightarrow \quad U(x) = \tfrac{1}{2}kx^2}$$

<u>Energia Potencial da Força Peso:</u> $\boxed{F = -mg}$ ← Força Peso

$$\boxed{U(y) = -\int_0^y (-mg)dy \quad \Rightarrow \quad U(y) = mgy}$$

Problema 26: Duas crianças brincam de acertar, com uma bolinha lançada por um revólver de brinquedo situado na mesa, uma caixinha colocada no chão a 2,20 m da borda da mesa. Lucas comprime a mola de 1,10 cm, mas a bolinha cai 27,0 cm antes da caixa. De quando deve a mola ser comprimida pela Laura para atingir o alvo?

Solução: Vamos aplicar o principio da conservação da energia mecânica no lançamento horizontal.



$$E_i = E_f \quad \Rightarrow \quad K_i + U_i = K_f + U_f$$

$$0 + \tfrac{1}{2}kx^2 = \tfrac{1}{2}mv^2 + 0$$

$$\left.\begin{array}{l}\text{Lançamento 1: } kx_1^2 = mv_1^2 \\ \text{Lançamento 2: } kx_2^2 = mv_2^2\end{array}\right\} \quad x_2 = \frac{v_2}{v_1}x_1 \quad (1)$$

Movimento horizontal: $x = x_0 + v_x t$

$$\left.\begin{array}{l}\text{Lançamento 1: } l - d = v_1 t \\ \text{Lançamento 2: } l = v_2 t\end{array}\right\} \quad \frac{l}{l-d} = \frac{v_2}{v_1} \quad (2)$$

Substituindo (2) em (1)

$$x_2 = \frac{l}{l-d}x_1$$

$$x_2 = \frac{220cm}{(220-27)cm}(1{,}10cm)$$

$$\boxed{x_2 \cong 1{,}25cm}$$

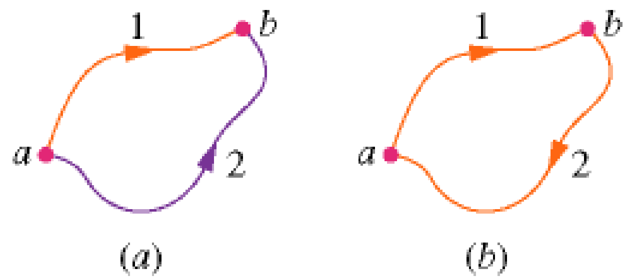
➢ Forças Conservativas e Não-Conservativas

Quando uma força muda o estado de um sistema, se uma mudança de energia potencial pode ser associada a essa mudança de estado, dizemos que a força é conservativa; caso contrário, dizemos que a força é não-conservativa. A força elástica e a força peso são forças conservativas; as forças de atrito são forças não-conservativas.

i) Uma força é conservativa se o trabalho realizado por ela numa partícula que percorre um circuito fechado é igual a zero; caso contrário, a força é não conservativa.

ii) Uma força é conservativa se o trabalho realizado por ela sobre uma partícula que se move de um ponto para outro é o mesmo para todos os caminhos que ligam os dois pontos; caso contrário, a força é não conservativa.

Suponha que uma partícula se mova de a até b percorrendo a trajetória 1 e depois volte para a percorrendo a trajetória 2. Se a força que age sobre a partícula for conservativa;



Da figura (b): $W_{ab,1} + W_{ba,2} = 0 \quad \Rightarrow \quad W_{ab,1} = -W_{ba,2}$ (3)

Da figura (a): $W_{ab,1} = W_{ba,2} = -W_{ab,2}$ (4)

$$\boxed{W_{ab,1} = W_{ab,2}}$$

➢ Cálculo da Força a partir da Energia Potencial

Para um movimento unidimensional, o trabalho W realizado por uma força que age sobre uma partícula enquanto ela sofre uma deslocamento dx é dado por: $W = F(x)\,dx$, então

$$dU(x) = -W = -F(x)dx$$

ou seja:

$$\boxed{F(x) = -\frac{dU(x)}{dx}}$$

➢ Gráfico da Função Energia Potencial

$$F(x) = -\frac{dU(x)}{dx} \qquad E = K + U$$