

## 1. Sistema complexo

Um veículo motorizado é um sistema complexo (sistema mecânico e termodinâmico).

- **Sistema mecânico** - pois uma quantidade apreciável da energia que recebe, como resultado da combustão da gasolina, contribui para o movimento de translação do veículo, podendo o veículo ser representado pelo seu centro de massa - ponto que se desloca num movimento de translação, como se possuísse massa igual à do sistema.
- **Sistema termodinâmico** - pois o veículo é constituído por muitas partículas e a energia que recebe, como resultado da combustão da gasolina, contribui também para o aumento da sua energia interna.

Nos veículos motorizados, como, por exemplo, nos automóveis, a energia é degradada, essencialmente, nos principais componentes, como o motor e o sistema de travagem.

Os sistemas de travagem de veículos motorizados são exemplos de sistemas onde actuam forças de atrito - forças dissipativas. O aquecimento devido ao uso dos travões leva ao aumento da energia interna do automóvel. Em geral, todas as forças de atrito cinético no interior de um sistema termodinâmico levam ao aumento da energia interna deste.

Sempre que os efeitos do aquecimento de um sistema são significativos, não podemos esquecer, portanto, que o sistema é constituído por um grande número de partículas e que **a energia que é transferida de ou para o sistema** pode fazer variar a energia dessas partículas e, conseqüentemente, a energia interna do sistema.

### 1.1 Sistema mecânico

Mas, muitas vezes, podemos estudar o movimento do veículo motorizado sem atender às variações da sua energia interna. Deixamos de ter um sistema termodinâmico para passarmos a ter um sistema mecânico. E pode até acontecer que seja suficiente representar o veículo motorizado por um só ponto. O centro de massa é o ponto que se deve escolher para representar um objecto extenso como um veículo motorizado.

**Centro de massa** é um ponto material, representativo de um sistema, que se desloca como se possuísse massa igual à do sistema e como se todas as forças que actuam no sistema estivessem aplicadas nele. O modelo do centro de massa simplifica a descrição dos movimentos e aplica-se a sólidos **indeformáveis**, em movimentos de translação, cujo comportamento se pretende estudar como um todo; neste caso, não se estuda a sua estrutura interna, pois uma só partícula não tem energia interna já que esta resulta das energias cinéticas em relação ao centro de massa e das energias potenciais de interacção entre as várias partículas do sistema.

**No modelo do centro de massa** não se podem estudar os movimentos de rotação, nem as deformações, nem estudar as variações de energia interna dos sistemas.

#### 1.1.1 Transferência de energia entre sistemas

A energia pode ser transferida de um sistema para outro sob a forma de trabalho. Para que se realize trabalho é necessário que exista uma componente da força na direcção do deslocamento e que essa força faça o sistema mover-se.

O valor do trabalho realizado por uma força constante, cujo ponto de aplicação se desloca a uma distância,  $d$ , numa trajectória rectilínea, é igual ao produto da intensidade da força,  $F$ , pela distância percorrida,  $d$ , e pelo co-seno do ângulo formado pela direcção do deslocamento com a direcção da força aplicada:  **$W = F \times d \times \cos \alpha$**

**O trabalho realizado por uma força pode ser classificado em motor ou potente, nulo e resistente.**

Se a força e o deslocamento tiverem a mesma direcção e sentido a energia do centro de massa do sistema aumenta, o trabalho é motor ou potente ( $W > 0$ ).

Se a força e o deslocamento forem perpendiculares, a energia do centro de massa não se altera, o trabalho realizado é nulo ( $W = 0$ ).

Se a força e o deslocamento tiverem a mesma direcção e sentidos opostos, a energia do centro de massa diminui, o trabalho é resistente ( $W < 0$ ).

A componente da força responsável pelo trabalho realizado sobre o centro de massa chama-se força eficaz ( $F_{\text{eficaz}} = F \cos \alpha$ ).

A transferência de energia entre sistemas é tanto maior quanto maior é a projecção da força aplicada na direcção do movimento, ou seja quanto maior é a força eficaz

### 1.1.2 Teorema da energia cinética ou lei do trabalho-energia

Qualquer corpo em movimento de translação possui energia cinética. A energia cinética de uma partícula material depende da sua massa e da sua velocidade, podendo ser determinada pela expressão:  $E_C = 1/2 mv^2$

Através do **Teorema da Energia Cinética**, podemos relacionar o trabalho realizado pela resultante das forças aplicadas num corpo com a variação da sua energia cinética,  $WF_{\text{res}} = \Delta E_C$ .

### 1.1.3 Conservação de energia mecânica

A energia mecânica de um sistema é igual à soma das suas energias cinética e potencial :

$E_m = E_C + E_p$ . Em sistemas onde só actuam forças conservativas há conservação de energia mecânica.

A variação da energia mecânica de um sistema é igual às variações das suas energias cinética e potencial,  $\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_p$ , mas como só actuam forças conservativas a variação da energia mecânica é nula :  $\Delta E_m = 0$  então  $0 = \Delta E_C + \Delta E_p$  e  $\Delta E_C = -\Delta E_p$

O trabalho realizado por uma força conservativa aplicada num corpo pode ser relacionado com a variação da energia potencial desse corpo. No caso do peso  $W_P = -\Delta E_p$ .

As forças conservativas são aquelas cujo trabalho realizado é independente da trajectória escolhida, dependendo apenas da sua posição inicial e final. O trabalho realizado por uma força conservativa ao longo de um circuito fechado é nulo. **O peso é uma força conservativa.**

### 1.1.4 Forças não conservativas e variação de energia mecânica

Em sistemas onde actuam forças conservativas e forças não conservativas **não há** conservação da energia mecânica.

As forças não conservativas, alteram a energia mecânica do sistema.

As **forças não conservativas podem transferir energia para um sistema** quando realizam trabalho sobre ele, como é o caso de uma força responsável pelo início do movimento de um sistema, **ou retirar energia de um sistema**, como é o caso do trabalho realizado pelas forças de atrito.

O trabalho da força resultante, é igual à soma dos trabalhos realizados por todas as forças que actuam no sistema, ou seja é igual à soma dos trabalhos realizados pelas forças conservativas e pelas forças não conservativas e iguala a variação da energia cinética de um sistema. Pelo teorema da energia cinética:  $WF_{\text{res}} = \Delta E_C$ , o que se traduz por  $WF_c + WF_{nc} = \Delta E_C$  e da definição de energia potencial,  $WF_c = -\Delta E_p$ , a equação anterior pode passar a escrever-se na seguinte forma:  $-\Delta E_p + WF_{nc} = \Delta E_C$ , ou seja  $WF_{nc} = \Delta E_C + \Delta E_p$

Da definição da variação da energia mecânica,  $\Delta E_m = \Delta E_C + \Delta E_p$  concluímos que:  $WF_{nc} = \Delta E_m$

Conclui-se que **sempre que as forças não conservativas realizem trabalho, a energia mecânica já não se mantém constante.**

### 1.1.5 Rendimento de sistemas mecânicos

Embora a energia total do Universo se mantenha constante, não é possível, quando há transferências e transformações de energia, aproveitar toda a energia para realizar trabalho útil. Há sempre uma parte que se dissipa.

Em qualquer sistema mecânico, há degradação de energia; por isso, o rendimento é sempre inferior a 100%. Este pode ser calculado pela expressão:  $E_{\text{útil}}/E_{\text{total}}$

