

SMM0562 – Termodinâmica dos Materiais

Aula 2 – As Leis da Termodinâmica

Prof. Eduardo Bellini Ferreira

Departamento de Engenharia de Materiais –
EESC/USP

Estrutura da Termodinâmica

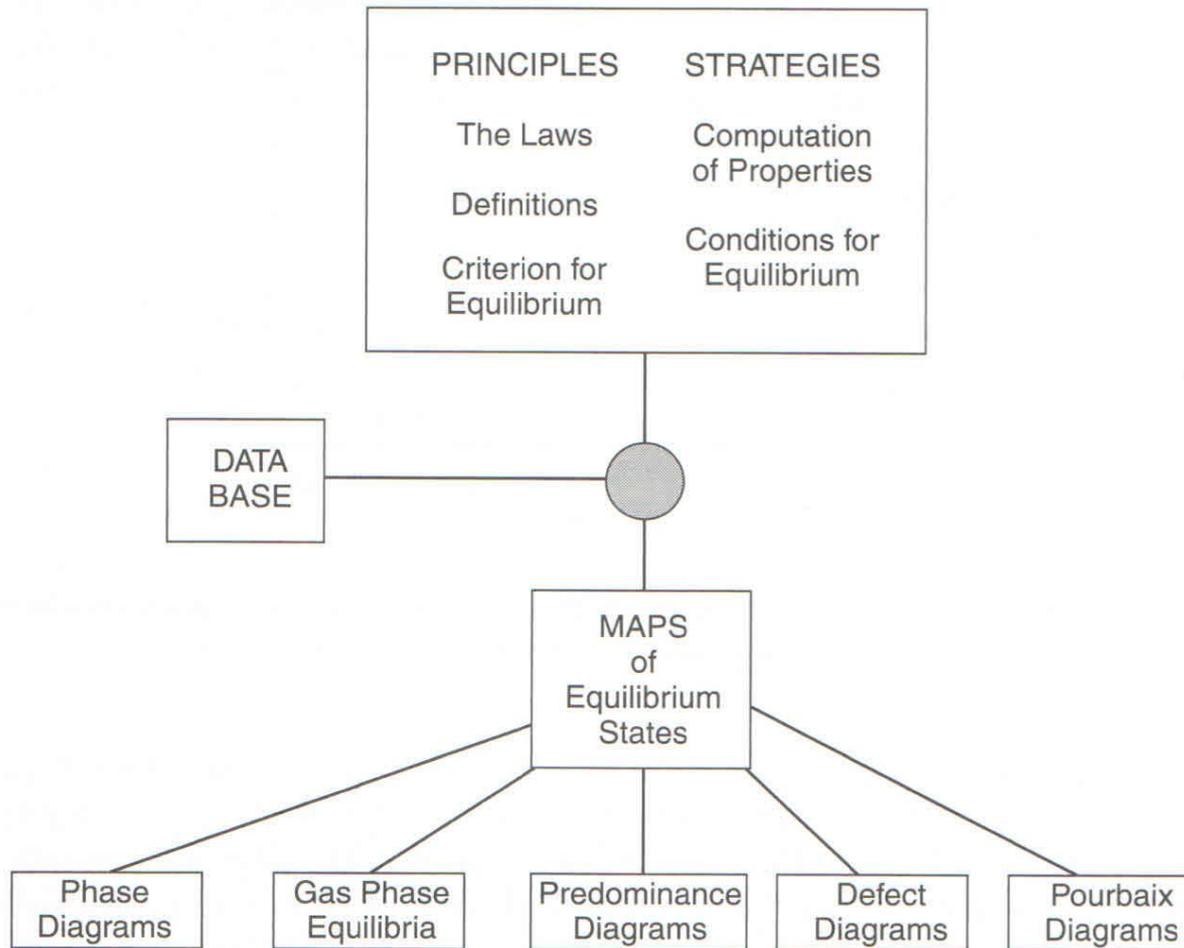


FIGURE 1.4 Representation of the structure of thermodynamics illustrating how the component parts of thermodynamics join together to generate maps of equilibrium states.

Leis da Termodinâmica (forma mais geral)

1. Existe uma propriedade do universo chamada **energia** que não pode ser alterada, não importa o processo.
 2. Existe uma propriedade do universo chamada **entropia** que só muda em uma única direção, não importa o processo.
 3. Existe um valor mínimo para a temperatura alcançada pela matéria, chamado **zero absoluto de temperatura**, e a **entropia de todas as substâncias é a mesma nessa temperatura**.
- Lei zero: uma escala de temperatura existe para todas as substâncias na natureza e fornece uma **medida absoluta da tendência da matéria de trocar calor**.

A 1ª Lei da Termodinâmica

- Independente do entendimento às vezes não intuitivo, **energia** pode ser definida fisicamente e matematicamente, e medida com precisão.
- A descrição do estado de um sistema e a previsão de seu comportamento baseiam-se na formulação física e matemática de energia (e não em seu entendimento intuitivo).

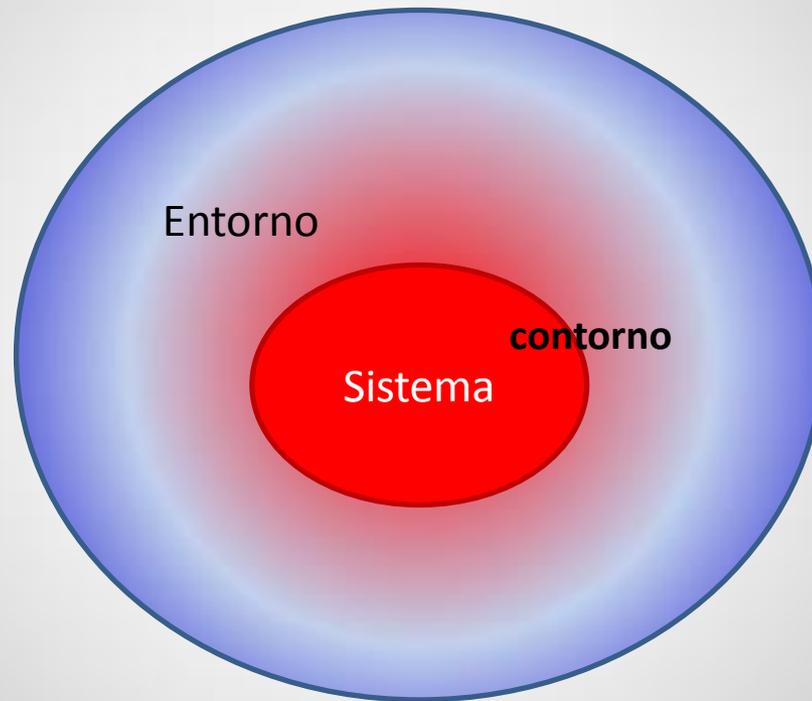
A 1ª Lei da Termodinâmica

- Três amplas categorias de energia tem sido identificadas pela experiência científica:
 1. **Energia cinética** – associada ao movimento de translação ou rotação de uma partícula ou corpo, e a mais nada.
 2. **Energia potencial** – associada à posição de uma partícula ou corpo em um campo de potencial, e a mais nada.
 3. **Energia interna** – associada somente à condição interna do corpo, e não depende do movimento ou da posição no espaço do mesmo.
- A termodinâmica é primeiro estabelecida para a energia interna de um sistema em repouso. As energias potencial e cinética não serão assunto de estudo nesse curso, mas poderiam ser incluídas nas equações se necessário.

Sistema – a parte do Universo que interessa

Em um **sistema** não isolado, as mudanças que ocorrem no interior do sistema são sempre acompanhadas de mudanças na condição da matéria na vizinhança do sistema.

A parte do Universo que é externa ao sistema, mas é afetada pelas mudanças que ocorrem nele é chamada “**entorno**” ou “**vizinhança**”.



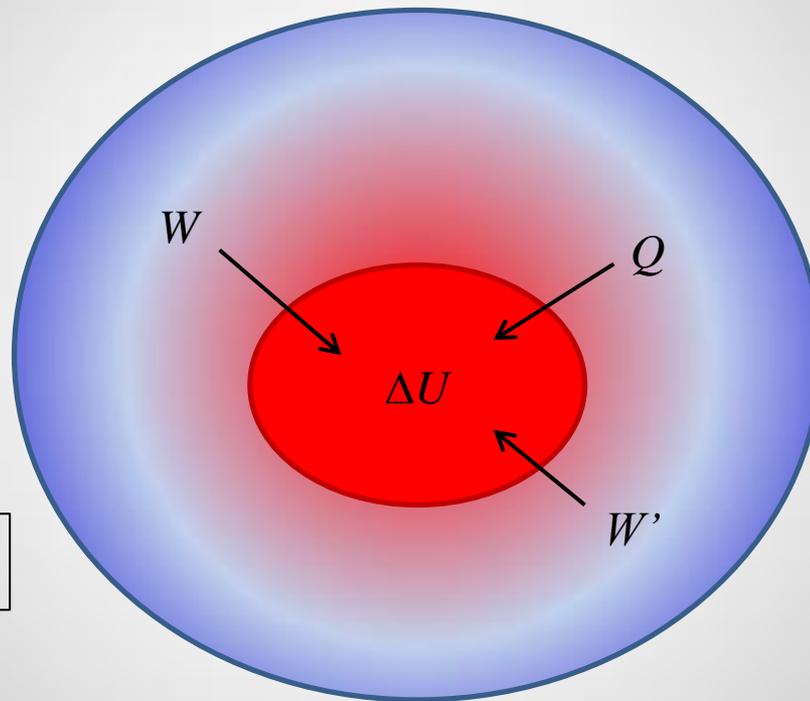
Para qualquer processo, na prática, a **soma das mudanças que ocorrem no sistema e no entorno** corresponde a toda a mudança no Universo associada ao processo em particular.

A energia da Universo não pode ser alterada de nenhuma forma. A única maneira da Energia Interna de um sistema ser alterada é pela transferência de energia através de seu contorno.

Enunciado matemático da 1ª Lei da Termodinâmica

A mudança de energia interna de um sistema em um processo deve ser igual à soma de toda energia transferida através de seu contorno durante o processo:

$$\Delta U = Q + W + W'$$



Por convenção, calor (Q) será positivo se fluir para o interior do sistema e aumentar sua energia interna, assim como trabalho (W e W') será positivo se for realizado sobre o sistema (e não pelo sistema) e também aumentar sua energia interna.

Formas de transferência de energia: variáveis de processo

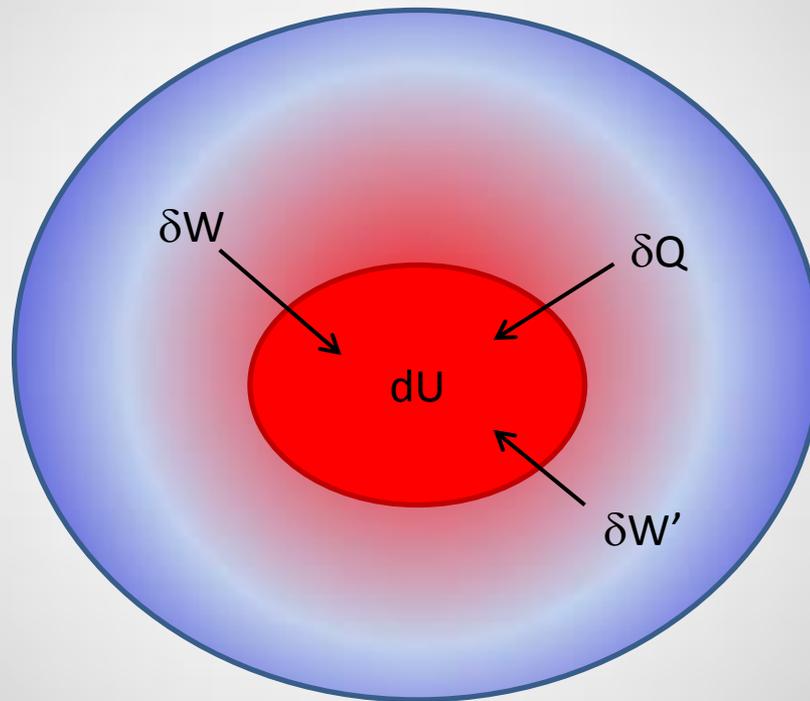
U = função de estado termodinâmico chamada energia interna

ΔU = aumento da energia interna do sistema

- Q = calor que flui para o interior do sistema
- W = trabalho mecânico realizado sobre o sistema pela força da pressão externa
- W' = todos os demais tipos de trabalho realizados sobre o sistema

Enunciado matemático da 1ª Lei da Termodinâmica

Na prática, é necessário estabelecer uma forma de avaliar as variáveis de processo Q , W e W' para todo processo que possa ser encontrado para cada classe de sistema.



A 1ª Lei é abrangente, vale tanto para uma mudança total na condição total de um sistema, como para cada passo incremental ao longo do caminho.

Para que se possa acompanhar o curso de um processo em detalhes, é útil considerá-lo como uma sequência de etapas incrementais, que produzem **mudanças infinitesimais na condição interna do sistema resultantes de transferências infinitesimais de calor e trabalho através do contorno.**

$$dU = \delta Q + \delta W + \delta W'$$

Sobre a notação

- Uma mudança infinitesimal designada por d , como em dU , representa a mudança em uma função de estado e então tem as propriedades matemáticas de uma diferencial da função de estado.
- Uma quantidade expressa com δ , como δQ , denota uma quantidade infinitesimal de calor (ou trabalho), entretanto esse tipo de quantidade infinitesimal não tem as mesmas propriedades de uma diferencial de uma função implicadas pelo operador d .
- Não existe uma função matemática do estado de um sistema Q , para a qual δQ é a diferencial, porque Q não é uma função de estado; Q só tem significado em um processo.
- U é uma função de estado, enquanto Q , W e W' são variáveis de processo.
- Os valores de Q , W e W' dependem explicitamente do caminho, isto é, da sequência de estados termodinâmicos seguida pelo sistema durante o processo.
- ΔU depende somente dos estados inicial e final do sistema e é independente da sequência de estados seguida pelo mesmo.