



BCJ0205-15

Fenômenos Térmicos

U - 2020.QS

Prof. Paramita Barai

Aula 17. Data: 03/12/2020

MODULO 4:

MÁQUINAS TÉRMICAS, ENTROPIA E A SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

Capítulo 18 do livro texto
(Princípios de Física, Serway, Vol. 2)

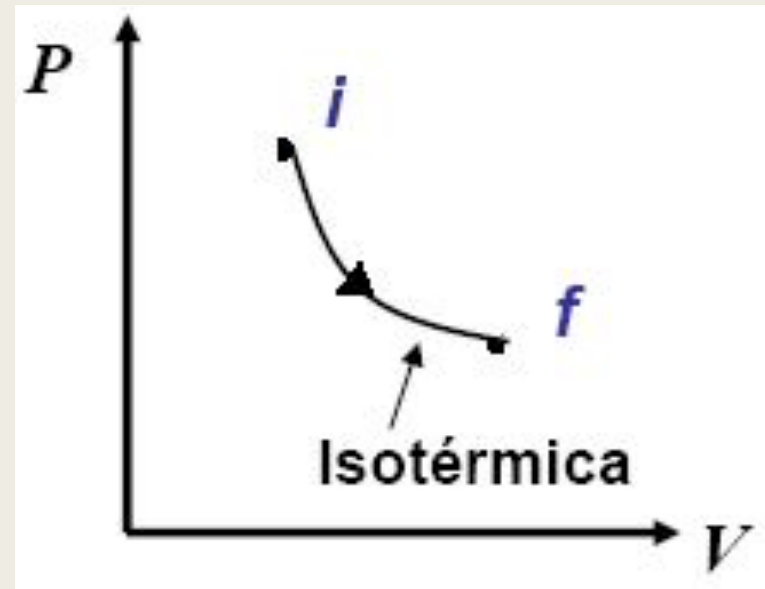
Unidade 18.8 (páginas 213 – 215)

4.8 – Variação da Entropia nos Processos Irreversíveis

- Considere um processo reversível (ou série de processos reversíveis) entre 2 estados de equilíbrio → calcule $\int dQ_r/T$ para os processos reversíveis.
- Em **processos Irreversíveis**, deve distinguir entre :
 - Q = Transferência real de energia no processo.
 - Q_r = Energia que teria sido transferida pelo calor ao longo de um **caminho reversível entre os mesmos estados.**
 - Apenas Q_r fornece a variação na entropia correta.

❖ Ex.: Gás ideal se expande adiabaticamente no vácuo: $Q=0$, mas $\Delta S \neq 0$, porque $Q_r \neq 0$.

- ✓ O caminho reversível entre 2 estados iguais é a expansão reversível e isotérmica que fornece $\Delta S > 0$.



Entropia das Partes do Universo



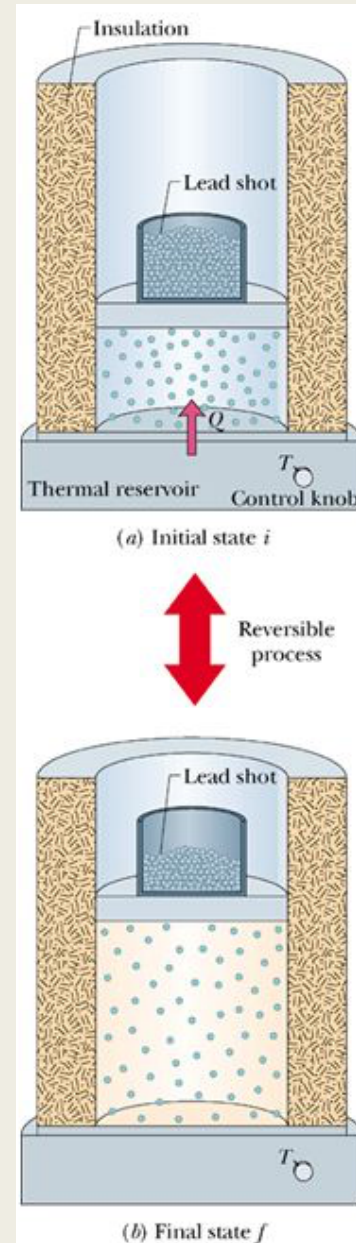
- Sistemas Isolados:
 - processo Irreversível → Entropia do sistema aumenta.
 - processo Adiabático Reversível → Entropia total = constante.
- Sistemas não Isolados: Sistema + seus arredores.
 - processo Irreversível → Aumento da entropia em uma parte do Universo é maior do que a diminuição da entropia na outra parte.
 - ∴ Variação da Entropia do Universo > 0 .
 - processo Adiabático Reversível → Variação da entropia do Universo = 0.

- Finalmente, a entropia do Universo deve atingir seu valor máximo.
 - Todo Universo estará em temperatura e densidade uniformes.
 - Estado de perfeita desordem → falta de energia disponível para fazer o trabalho.
 - Todos os processos físicos, químicos e biológicos cessarão.
- “Morte Térmica” do Universo.

Variação de Entropia em uma Expansão Livre

- Gás ideal em um reservatório isolado.
 - Volume inicial do gás = V_i
- O gás se expande em um processo irreversível adiabático.
 - Volume final = V_f
- Trabalho feito no gás = 0 (\because paredes são isoladas)
 - Nenhuma energia é transferida pelo calor.
 - A Primeira Lei $E_{\text{int},i} = E_{\text{int},f} \rightarrow T_i = T_f$
- Primeiro, encontrar Q_r : um caminho reversível equivalente com os mesmos estados inicial e final.
 - Uma expansão isotérmica e reversível:
 - Gás empurra um pistão, enquanto a energia entra no gás pelo calor de um reservatório para manter $T = \text{constante}$.

$$\Delta S = \int \frac{dQ_r}{T} = \frac{1}{T} \int_i^f dQ_r$$



Variação de Entropia em uma Expansão Livre

- Processo Isotérmico

- A Primeira Lei

- Entrada de energia pelo calor é igual ao trabalho negativo realizado no gás.

$$\Delta E_{\text{int}} = 0 \quad \rightarrow \quad Q = -W$$

$$dQ_r = -dW = P dV$$

$$\Delta S = \frac{1}{T} \int_i^f dQ_r = \frac{1}{T} \int_i^f P dV$$

$$\Delta S = \frac{1}{T} \int_i^f \frac{nRT}{V} dV = nR \int_{V_i}^{V_f} \frac{1}{V} dV$$

$$\Delta S = nR \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right)$$

- $\because V_f > V_i \rightarrow \Delta S > 0$.

- A entropia e a desordem do gás (e do Universo) aumentam como resultado de uma expansão irreversível e adiabática.

