

BCJ0205-15

Fenômenos Térmicos

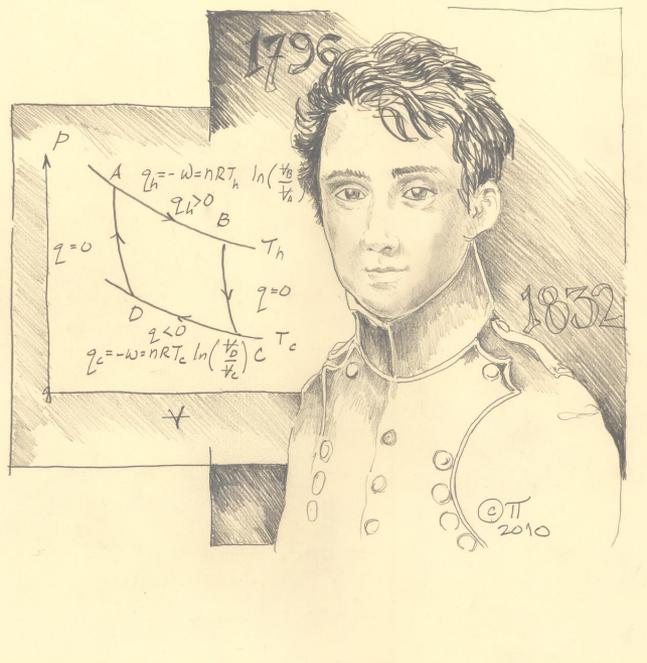
Prof. Paramita Barai

**Modulo 4: Máquinas Térmicas, Entropia e
a Segunda Lei da Termodinâmica**

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

Unidade 18.3 (páginas 203 – 205)

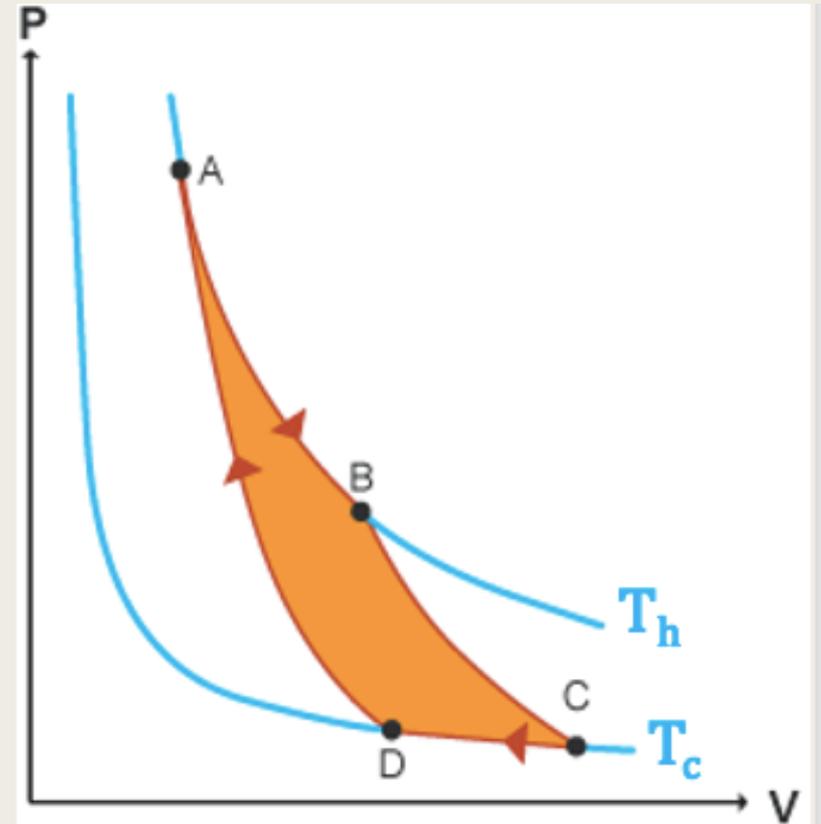
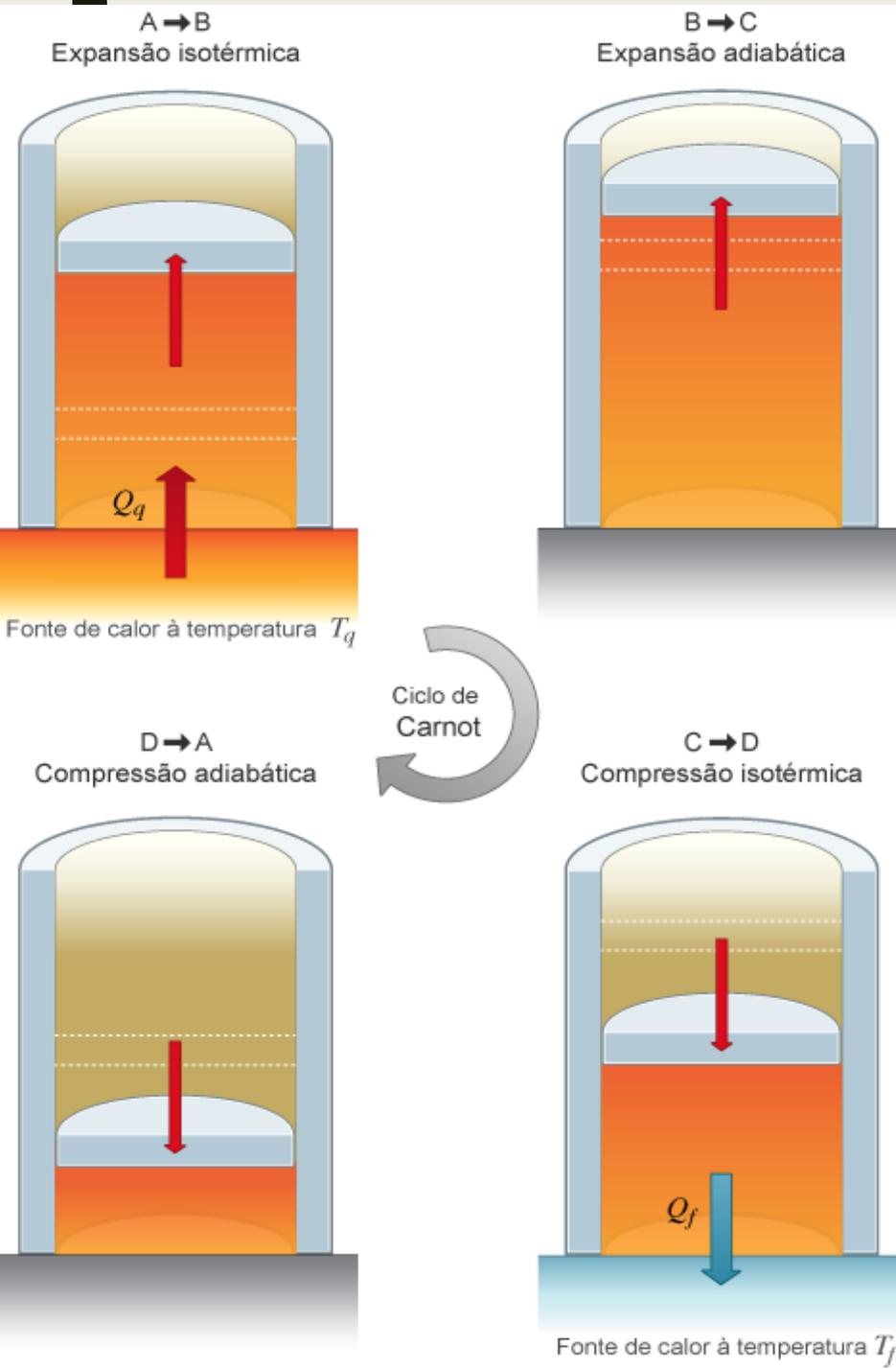
4.3 – A Máquina de Carnot



- Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 – 1832): francês, engenheiro militar e cientista
 - ✓ "Pai da Termodinâmica."
- Ele formulou (em 1824, aos 27 anos) a primeira teoria da eficiência máxima das máquinas térmicas.
 - Lançou as bases de uma disciplina nova na física: a Termodinâmica.

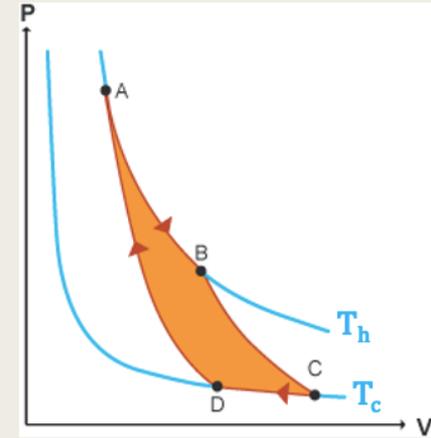
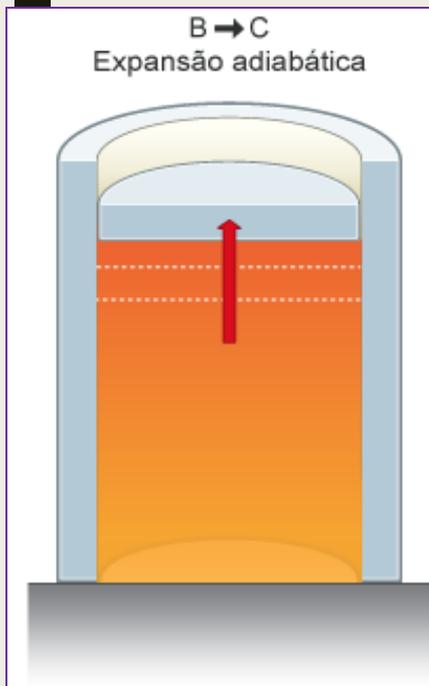
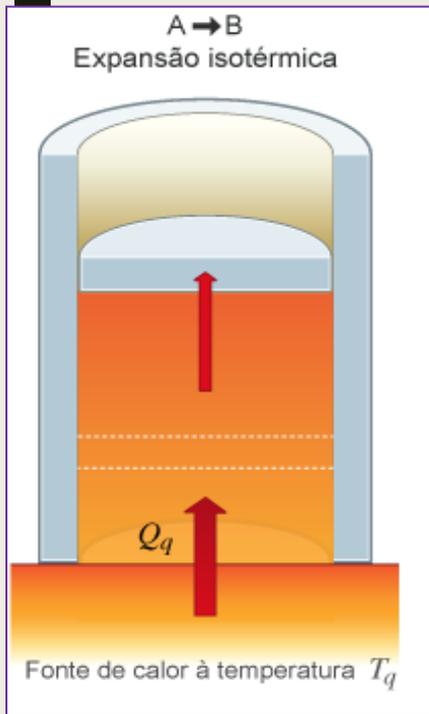
- Uma máquina térmica operando em um Ciclo de Carnot (um ciclo reversível entre 2 reservatórios de energia) é o mais eficiente possível.
 - ✓ Essa máquina ideal define um limite superior para a eficácia de todas as outras máquinas reais.
- O trabalho total realizado por uma substância de trabalho passando pelo ciclo de Carnot é a maior quantidade de trabalho possível para uma determinada quantidade de energia fornecida na temperatura mais alta.

Ciclo de Carnot



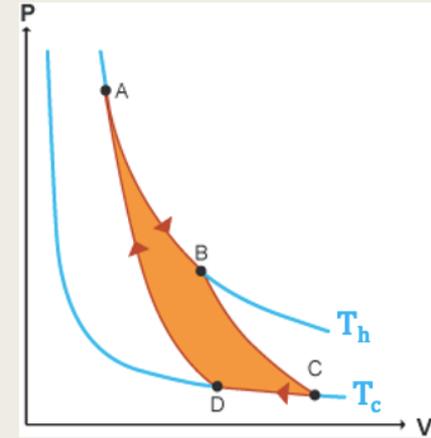
- ❖ 4 estágios do ciclo de Carnot.
- ❖ Diagrama PV do ciclo:
 - 2 processos adiabáticos.
 - 2 isotérmicos.
 - Todos os processos reversíveis.

Processos de Carnot



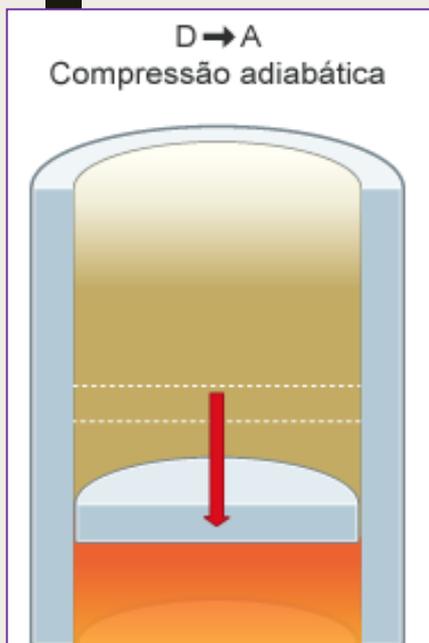
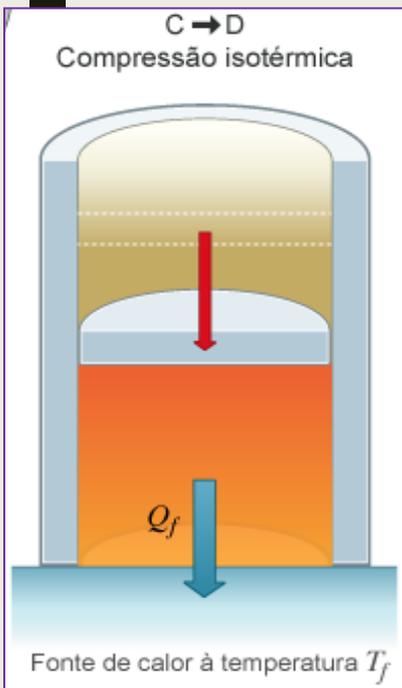
- Processo **A → B** : Expansão Isotérmica na temperatura T_h
 - Gás está colocado em contato térmico com um reservatório de energia na temperatura T_h
 - Energia absorvida pelo gás do reservatório = $|Q_h|$
 - Trabalho realizado pelo gás a elevar o pistão = W_{AB}
- Processo **B → C** : Expansão adiabática.
 - Base do cilindro é substituída por uma parede não condutiva.
 - Energia não entra nem sai na forma de calor.
 - Temperatura do gás diminui de T_h para T_c
 - Trabalho realizado pelo gás a elevar o pistão = W_{BC}

Processos de Carnot



- Processo $C \rightarrow D$: Compressão Isotérmica na temperatura T_c
 - Gás está colocado em contato térmico com um reservatório de energia na temperatura T_c
 - Energia expelida pelo gás para o reservatório = $|Q_c|$
 - Trabalho realizado pelo pistão no gás = W_{CD}

- Processo $D \rightarrow A$: Compressão adiabática
 - *Base do cilindro é substituída por uma parede não condutora*
 - Temperatura do gás *umenta* de T_c para T_h
 - Trabalho realizado pelo pistão no gás = W_{DA}



Ciclo de Carnot

- Carnot mostrou que, para este ciclo:

$$\frac{|Q_c|}{|Q_h|} = \frac{T_c}{T_h}$$

- Eficiência térmica:

$$e_c = 1 - \frac{|Q_c|}{|Q_h|} = 1 - \frac{T_c}{T_h}$$

- Eficiência = 0, se $T_c = T_h$
- Eficiência = 1 (100%), se $T_c = 0$

- Limitação Teórica → Todas as máquinas reais são menos eficientes do que a máquina de Carnot, pois todas operam de forma irreversível para completar um ciclo em um curto período de tempo.
 - *As máquinas reais estão sujeitas a dificuldades práticas, incluindo atrito, o que reduz eficiência.*

