

Termodinâmica Olímpica

João Carvalho
2014

Albert Einstein (1949):

Uma teoria tem tanto mais impacto quanto maior for a **simplicidade** das suas premissas, quanto mais diversas forem as coisas relacionadas e quanto maior for a sua área de **aplicabilidade**. Daí a impressão profunda que a Termodinâmica clássica me causou. É a única teoria física de conteúdo universal a respeito da qual estou convencido que, no quadro da aplicabilidade dos seus conceitos básicos, nunca será ultrapassada. Somente por estas razões é uma **parte muito importante da formação de um físico**.



Leis da termodinâmica

Lei Zero: Dois corpos em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si e, por definição de temperatura, os três corpos estão à mesma temperatura

Primeira Lei: Existe uma propriedade dos sistemas, chamada energia interna, que se conserva em sistemas isolados

Segunda Lei: Existe uma propriedade dos sistemas, chamada entropia, que não pode diminuir em sistemas isolados termicamente.

Terceira Lei: No zero absoluto a entropia é zero

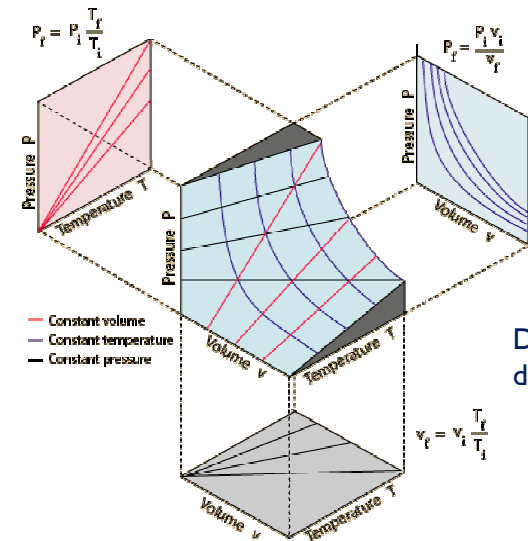
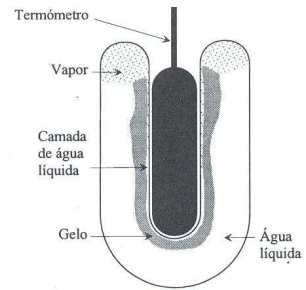


Diagrama PVT do gás perfeito



Vaso para obter o
ponto triplo da água
 $T_3 = 273,16 \text{ K}$,
 $P_3 = 6,12 \text{ mbar} = 612 \text{ Pa}$

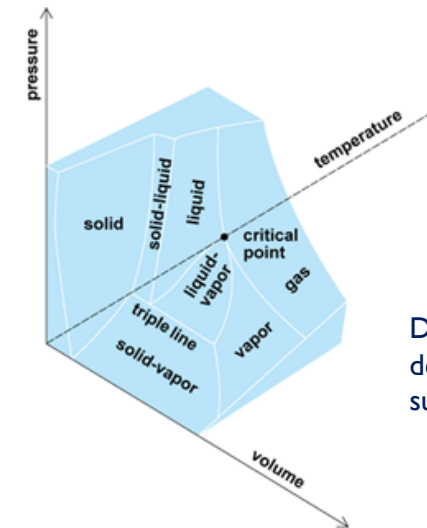
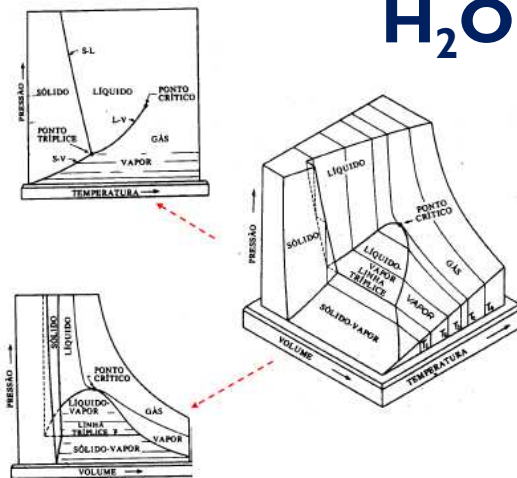
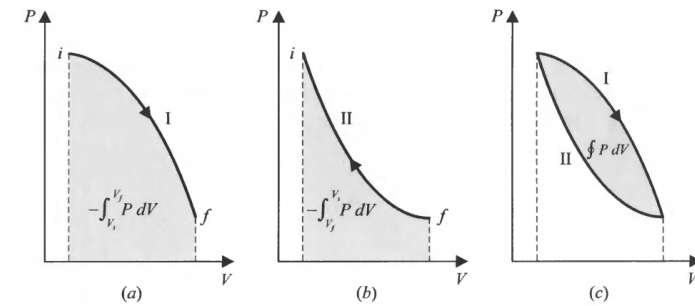


Diagrama PVT
de uma
substância

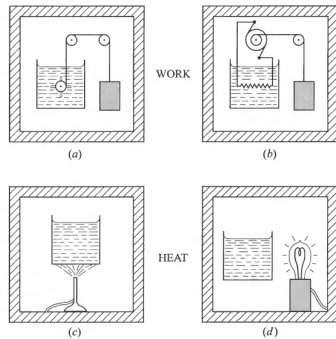
H₂O



Trabalho

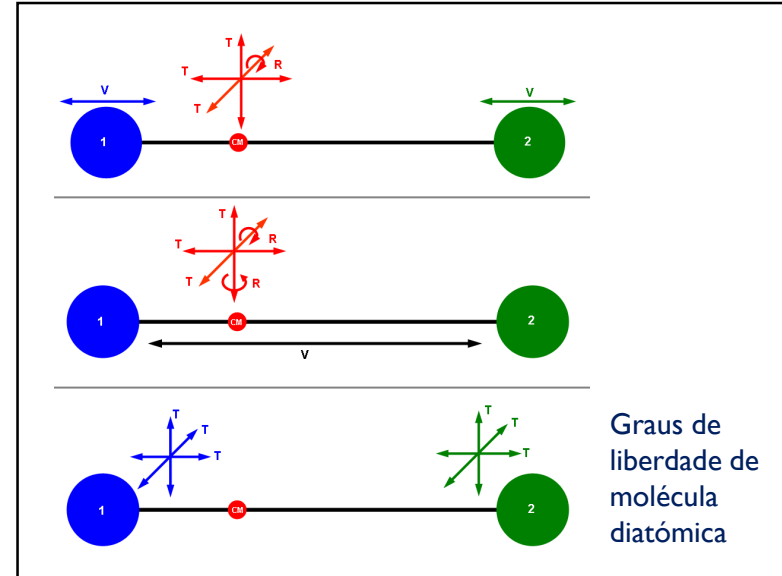


Distinção entre trabalho e calor



Trabalho: produzido pela queda de um corpo (**meios mecânicos**)

Calor: trocado devido apenas a uma **diferença de temperatura**



Máquina térmica cíclica

É impossível um processo **cíclico** cujo único resultado seja a absorção de calor de uma **fonte quente** (ou **fonte de calor**) e a conversão desse calor totalmente em **trabalho**

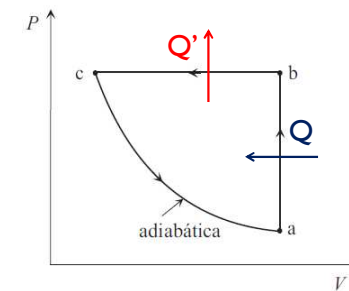
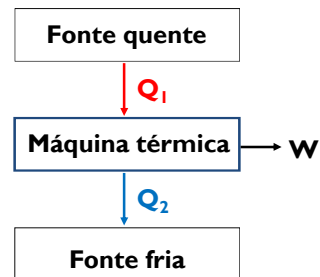
Algum calor tem de ser transferido para uma **fonte fria** para completar o ciclo

Q_1 (Q_2) é o calor trocado entre a máquina e um reservatório a temperatura **elevada** (baixa)

Como num ciclo $\Delta U = 0$ então

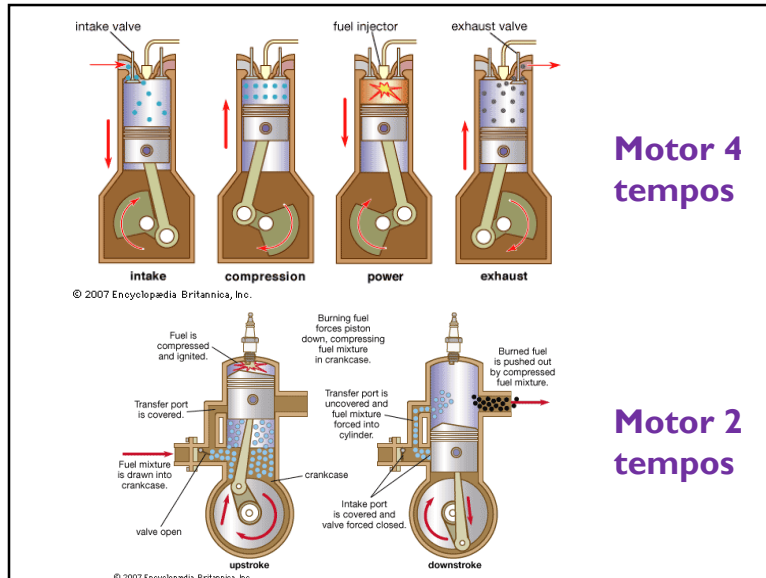
$$|W| = Q_1 + Q_2 = |Q_1| - |Q_2|$$

Invertendo o ciclo tem-se uma **máquina frigorífica**



Processo	Q	W	ΔU
ab	100	0	100
bc	-600	1500	900
ca	0	-1000	-1000
abca	-500	500	0

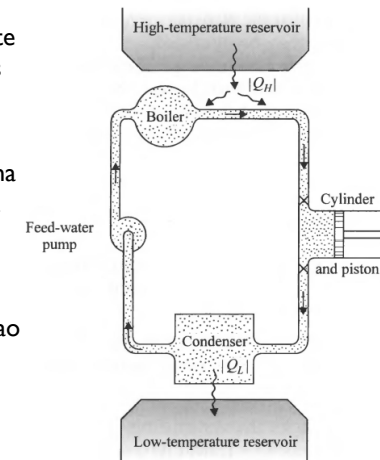
Exemplo de **ciclo termodinâmico**



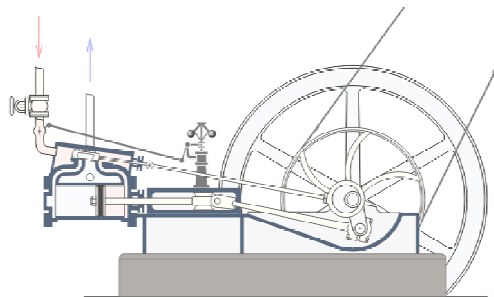
Máquina a vapor

Historicamente importante e no centro das presentes centrais térmicas de produção de eletricidade

Podem acompanhar-se uma pequena massa de **água** à medida que vai do **condensador** para a **caldeira**, para a **câmara de expansão** e de volta ao condensador



Máquina a Vapor

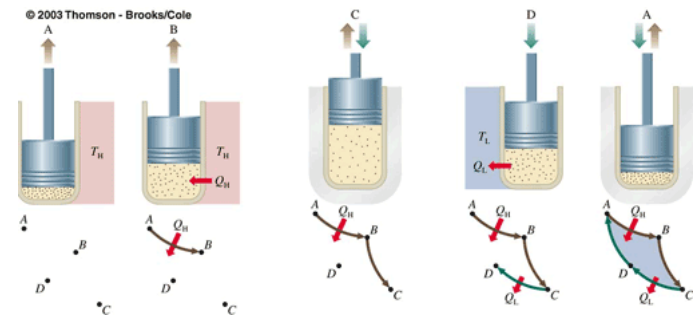


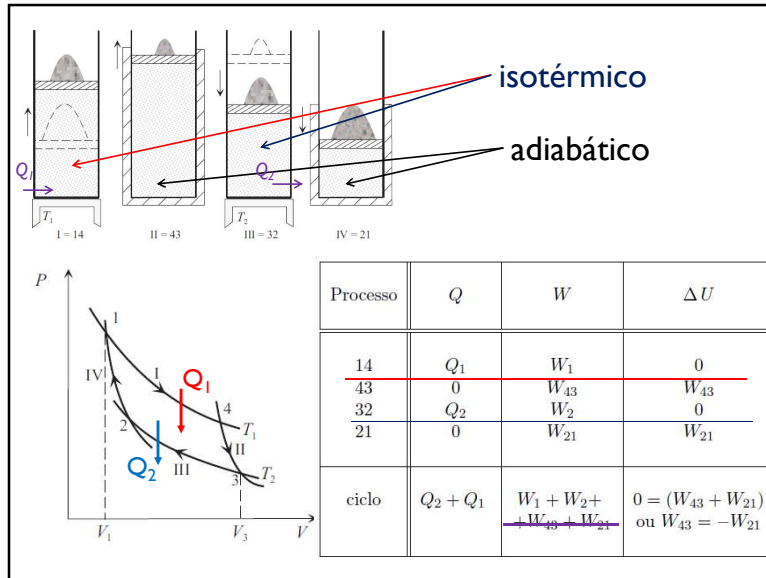
Animação do motor típico usado numa moagem em meados do séc. XIX

Ciclo de Carnot

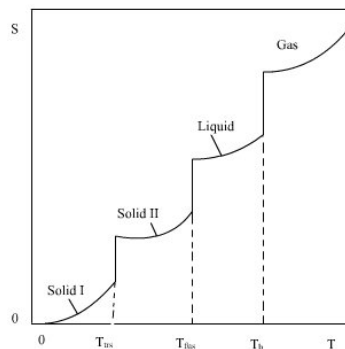
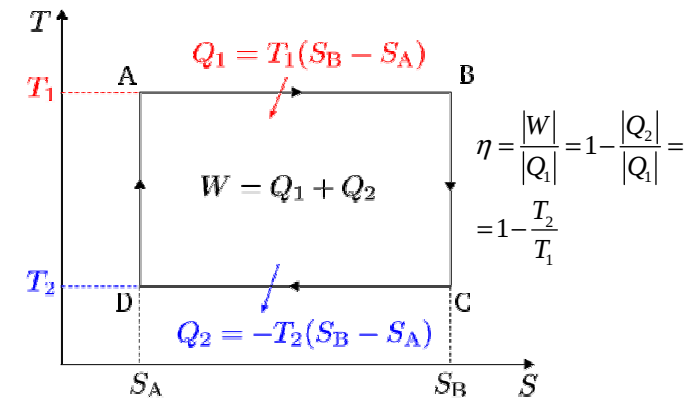
Dois processos **isotérmicos** intercalados com dois processos **adiabáticos**

O maior rendimento possível





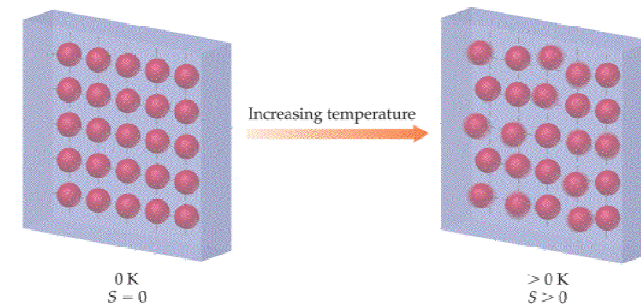
Ciclo de Carnot num diagrama TS



Entropia de uma substância em função da temperatura

$$S = \int_0^{T_{trans.}} C_{P,1} \frac{dT}{T} + \frac{\Delta_{trans.} H}{T_{trans.}} + \int_{T_{trans.}}^{T_{fus.}} C_{P,2} \frac{dT}{T} + \frac{\Delta_{fus.} H}{T_{fus.}} + \int_{T_{fus.}}^{T_{vapor.}} C_{P,3} \frac{dT}{T} + \frac{\Delta_{vapor.} H}{T_{vapor.}} + \int_{T_{vapor.}}^T C_{P,4} \frac{dT}{T}$$

Sól. I + S.I $\rightarrow$ Sól. II + Fusão + Líquido + Vaporização + Vapor



A 0 K os átomos estão perfeitamente alinhados mas se a temperatura for ligeiramente superior a 0 K eles deslocam-se desta posição de ordenamento máximo