

Carnot

“O poder motor do calor”

Julio Cesar Del C. Ribeiro, Marcelo Kenji Sime, Tomas Masatsugui Hirayama
Vera Bohomoletz Henriques - IFUSP

Nicolas Léonard Sadi Carnot nasceu em Paris, em 1 de junho de 1796, filho mais velho de Lazare Carnot, político francês membro do Diretório. Tendo demonstrado habilidade com as ciências naturais, ingressou na École Polytechnique em 1812, tendo como mestres Poisson, Gay-Lussac, Ampère e Arago, entre outros. Durante sua graduação, alistou-se no exército francês junto com colegas da École Polytechnique. Após se formar, em 1814, na École Polytechnique, seguiu para École du Génie de Metz, uma instituição militar de ensino, e continuou na carreira militar até 1819, quando conseguiu licença permanente do exército e dedicou-se integralmente aos seus estudos. Em 1824 publicou sua obra intitulada “*Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissssance*”. Foi novamente convocado para o serviço militar em 1827, sendo forçado a interromper os estudos. Porém, conseguiu se retirar definitivamente do exército em menos de um ano. Em 1831, Carnot começou a estudar as propriedades dos gases, mas em junho de 1832 contraiu meningite, vindo a morrer em 24 de agosto de 1832, em Paris.



Em meados do século XVIII se dá o início da revolução industrial na Inglaterra e consequentemente a utilização de máquinas a vapor idealizadas e aprimoradas por engenheiros da época, como James Watt. Devido às guerras ocorridas entre França e Inglaterra, a comunicação entre os dois países estava rompida, dificultando assim o intercâmbio de idéias e tecnologia. Com isso, engenheiros e pesquisadores franceses buscavam soluções para a produção de tecnologia própria. Alguns anos após a proliferação do uso da máquina a vapor aprimorada por Watt em diversas áreas, Carnot baseia-se em diversos estudos pré-existentes e publica sua obra em 1824.

“Ninguém ignora que o calor pode ser a causa de movimento e que possua mesmo uma grande potência motriz: as máquinas a vapor, hoje tão difundidas, são uma demonstração visível disto e que nos salta aos olhos”.

Esta é a frase que inicia a obra de Carnot e já neste primeiro parágrafo é nítida a pretensão do autor em estudar o processo de conversão de calor em trabalho. Para a surpresa de muitos leitores da época, sua obra não conta com recursos matemáticos sofisticados.

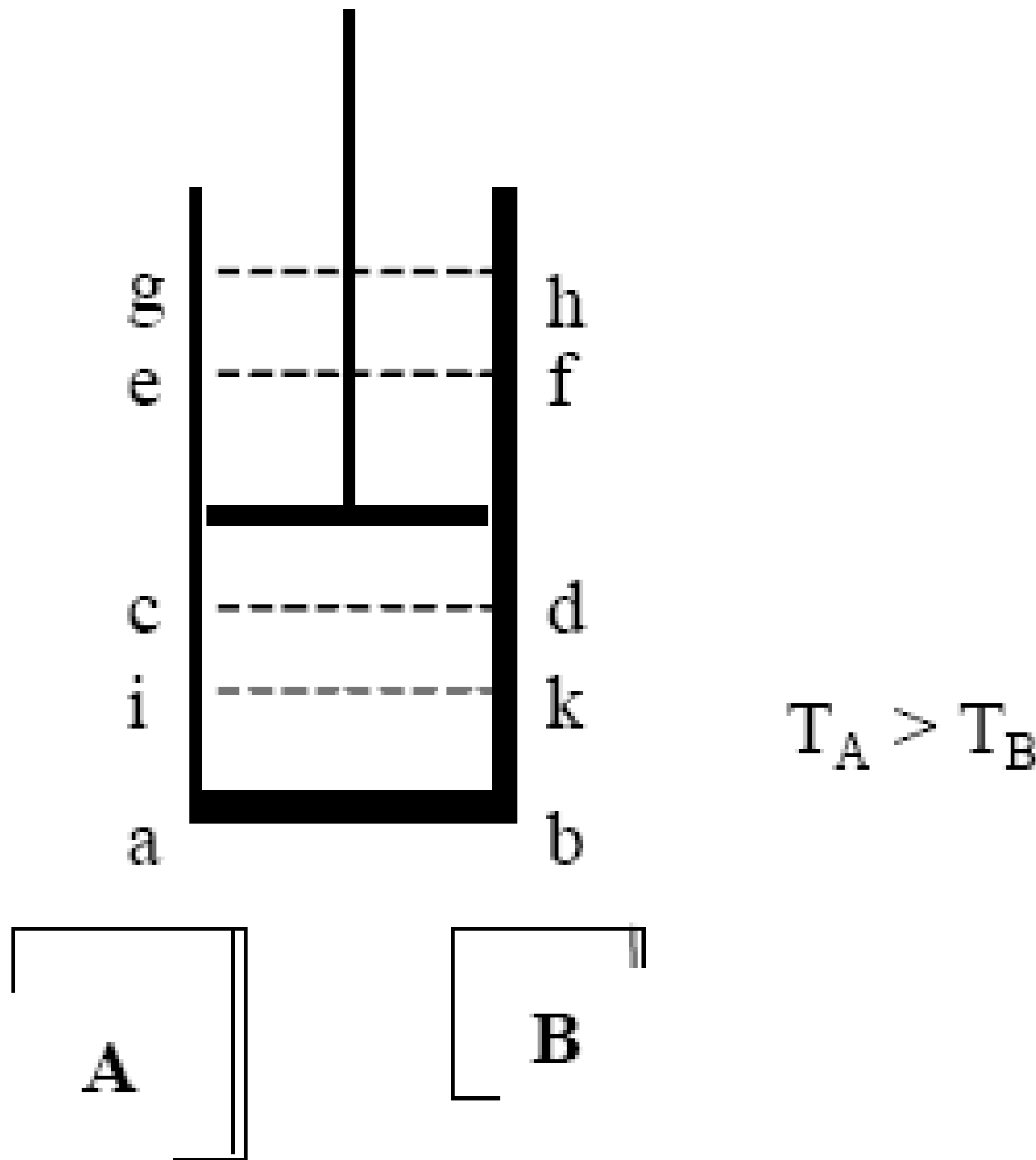
Todas as máquinas que realizavam trabalho a partir de processos mecânicos podiam ser compreendidas por princípios físicos solidamente estabelecidos, porém, tal fato não era verdadeiro quando se tratava de máquinas que produziam movimentos através do calor. Fica claro então a preocupação de Carnot em construir uma teoria científica a partir de um problema tecnológico, procurando entender os princípios físicos que regiam o processo e não apenas o seu simples funcionamento.

Lendo textos de James Watt sobre as máquinas a vapor, Carnot se impressiona com a idéia de separar a caldeira do condensador. Este pequeno fato (a separação entre a fonte quente e a fonte fria de uma máquina), que provavelmente teve sua importância ignorada por Watt, foi o ponto de partida para os estudos de Carnot.

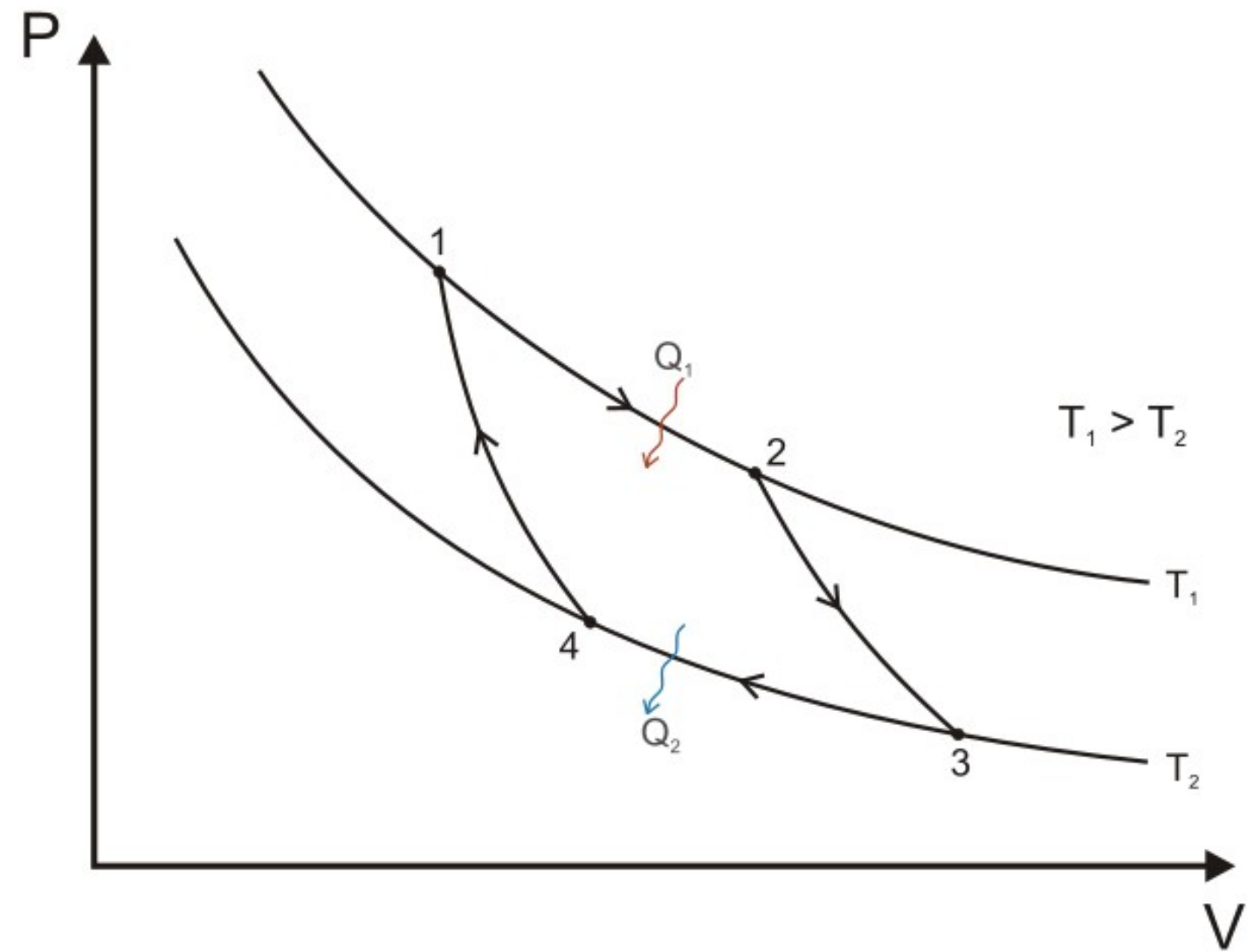
“Onde existe uma diferença de temperatura, pode haver produção de potência motriz”.

Esse trecho de sua obra nos mostra que Carnot introduz a idéia de que a realização de trabalho não se deve ao consumo de calor, mas sim devido ao transporte de calor de um corpo quente para um corpo frio.

Outra característica importante que diferencia a obra de Carnot dos demais estudos da época é a preocupação de caracterizar o processo de funcionamento das máquinas como um ciclo fechado e não apenas o processo de expansão do cilindro. Aliando sua definição de ciclo com a preocupação geral dos engenheiros da época em construir máquinas cada vez mais eficientes, Carnot descreve um ciclo ideal capaz de extrair o máximo aproveitamento do calor para a produção de movimento, o chamado ciclo de Carnot.



É importante ressaltar que a representação gráfica do ciclo de Carnot no diagrama $p \times V$ como conhecemos atualmente deve-se a Clapeyron.



Apesar de não enunciar nem apresentar fórmulas em seu trabalho, Carnot apresenta argumentos e teoremas que foram fundamentais para o desenvolvimento da segunda lei. O primeiro desses teoremas diz que o rendimento máximo de um ciclo reversível só depende das temperaturas T_1 e T_2 . O segundo teorema diz que a potência motriz e, consequentemente, o rendimento de uma máquina de fogo é independente da substância de trabalho.

Segunda Lei da Termodinâmica: O físico Lord Kelvin expressou-a tecnicamente como se segue: "Não existe processo natural cujo único resultado seja resfriar um reservatório de calor e realizar trabalho externo." Em termos mais compreensíveis, esta lei observa o fato de que a energia utilizável no universo está se tornando cada vez menor. No final não haverá energia disponível sobrando. A partir deste fato nós achamos que o estado mais provável para qualquer sistema natural é um estado de desordem. Todos os sistemas naturais se degeneram quando abandonados a si mesmos.

Segundo Clausius, “é impossível a construção de um dispositivo que, por si só, isto é, sem intervenção do meio exterior, consiga transferir calor de um corpo para outro de temperatura mais elevada”. Sendo assim, é impossível construir um refrigerador ideal pois, para resfriar um sistema, é necessário produzir calor em algum outro ambiente.

Um exemplo de máquina térmica pode ser retirado do texto de Mayer, visto em aula:

“Quantidades iguais de material combustível, sob as mesmas condições, produzem quantidades iguais de calor. No entanto, o carvão que queima sob a caldeira fornece menos calor quando o motor está funcionando, do que quando o motor não está funcionando. Quanto mais perfeito o aparelho, menos calor será transferido ao meio ambiente. As melhores máquinas têm uma eficiência de cerca de 5 por cento. Em uma máquina destas, uma centena de libras de carvão fornece a mesma quantidade de calor livre que 95 libras de carvão que queimem sem realizar nenhum trabalho.”

Referências Bibliográficas:

Carnot, Nicolas Léonard Sadi, *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*, Alianza Editorial, 1987

Benjamin, Cesar, *Dicionário de biografias científicas*, 1ª Edição, Editora Contraponto, 2007