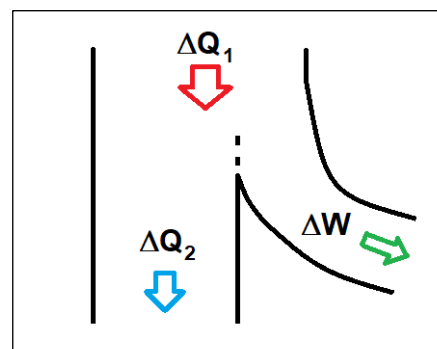
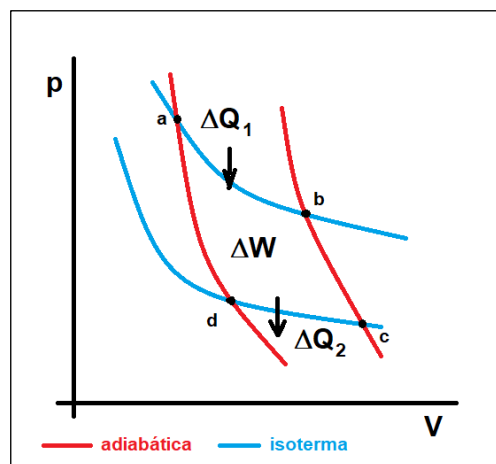


2ª Lei da Termodinâmica: “é impossível converter completamente calor em trabalho” ou segundo Clausius “não é possível um processo cujo único resultado seja a cessão de calor por um sistema a uma determinada temperatura e a absorção da mesma quantidade de calor por um segundo sistema a maior temperatura” ou segundo Kelvin-Planck “não é possível um processo cujo único resultado seja a saída de um fluxo de calor Q de uma fonte a uma única temperatura e a produção de um trabalho W , igual em magnitude a Q ”. Implica dizer que não existe máquina térmica perfeita que transforme em trabalho todo o calor retirado de uma fonte. Não existe refrigerador perfeito que transporte calor de uma fonte fria para um reservatório quente sem também receber trabalho.

Ciclo Termodinâmico: um sistema parte de um estado inicial e, após passar por um número finito de processos distintos e sucessivos, retorna ao mesmo estado inicial.

O trabalho retirado deste ciclo é numericamente igual a área encerrada pelo ciclo termodinâmico.

Ciclo de Carnot (1824): um gás quente (temperatura T_1) realiza uma expansão isotérmica ($a \rightarrow b$) e uma expansão adiabática ($b \rightarrow c$) onde se resfria (temperatura T_2) empurrando o êmbolo, fazendo a parte mecânica da máquina entrar em movimento; então por inércia a parte mecânica da máquina realiza uma compressão isotérmica no gás ($c \rightarrow d$) e uma compressão adiabática ($d \rightarrow a$) o que aquece o gás (temperatura T_1). A energia mecânica extraída a cada ciclo é: $\Delta W = \Delta Q_1 - \Delta Q_2$



Se a máquina operar a frequência (f), a potência será: $P = \frac{n \cdot \Delta W}{\Delta t} = f \cdot (\Delta Q_1 - \Delta Q_2)$

Pode-se escrever as relações: $\frac{V_b}{V_a} = \frac{V_c}{V_d}$ e $\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{T_2}{T_1}$

O rendimento (η) é a razão entre o trabalho realizado e o calor retirado do reservatório quente:

$$\eta = \frac{\Delta W}{\Delta Q_1} = \frac{\Delta Q_1 - \Delta Q_2}{\Delta Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad \text{ou} \quad \Delta W = \eta \cdot \Delta Q_1 \quad \text{e} \quad \Delta Q_1 = N \cdot k_B \cdot T_1 \cdot \ln\left(\frac{V_b}{V_a}\right)$$

Sendo a constante de Boltzmann $k_B = 1,38066 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$ que é igual a: $k_B = \frac{R}{6,02 \cdot 10^{23}}$

A equação de Clapeyron pode ser reescrita como: $p \cdot V = n \cdot R \cdot T = \frac{N}{N_A} \cdot R \cdot T = N \cdot k_B \cdot T$

Exemplo 1: uma máquina térmica ideal opera a 1600rpm segundo o ciclo de Carnot. A temperatura da fonte quente é 850K enquanto a temperatura da fonte fria é 300K. Durante a expansão o volume do gás (0,1 mol) é multiplicado por 10. Qual é a quantidade de calor retirada da fonte quente? Qual é o rendimento? Qual é o trabalho realizado a cada ciclo? Qual é a potência?

Animação com o funcionamento do Motor a combustão: <https://youtu.be/VoiSAI3CYA0>

Refrigerador: o compressor (motor do refrigerador) comprime adiabaticamente um gás frio (temperatura T_2) fazendo-o passar para a temperatura T_1 ($a \rightarrow b$); a compressão continua, mas agora isotermicamente ($b \rightarrow c$); o gás sofre uma expansão adiabática, passando a temperatura T_2 ($c \rightarrow d$); a expansão continua ($d \rightarrow a$), através da isoterma. A energia mecânica absorvida a cada ciclo é:

$$\Delta W = \Delta Q_1 - \Delta Q_2$$

A eficiência (e) é a razão entre o calor retirado do reservatório frio e o trabalho realizado pelo compressor:

$$e = \frac{\Delta Q_2}{\Delta W} = \frac{\Delta Q_2}{\Delta Q_1 - \Delta Q_2} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \quad \text{ou} \quad \Delta Q_2 = e \cdot \Delta W$$

Exemplo 2: um refrigerador, a cada ciclo, tem uma bomba de calor

Que consegue retirar 150J do interior da geladeira enquanto o compressor realiza um trabalho de 50J. Qual é a quantidade de calor que o refrigerador transfere para a atmosfera, em cada ciclo? Qual é a eficiência?

Animação com o funcionamento do Refrigerador: https://youtu.be/J_nh8Eu7oOA

