

Física 3

(1/2015)

Máquinas Térmicas

Aula 14

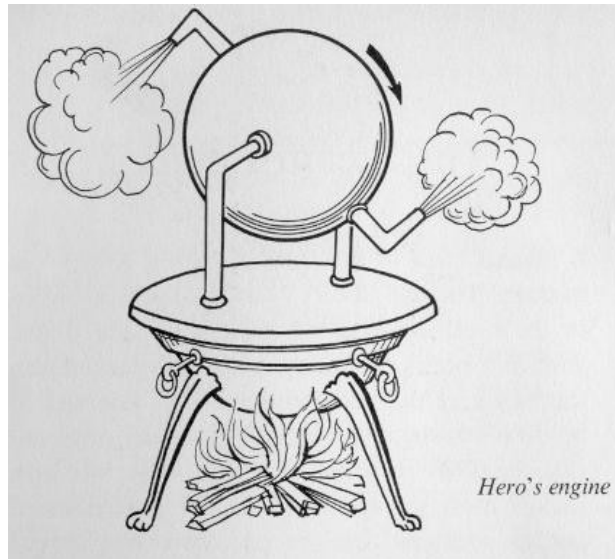
Carlos Eduardo Souza (Cadu)
carlooseduardosouza@id.uff.br

Site: [**cursos.if.uff.br/fisica3-0115/**](http://cursos.if.uff.br/fisica3-0115/)

Teoria Cinética dos Gases

Conexão Micro-Macro

Uma máquina Térmica é um dispositivo que opera em ciclos convertendo calor em trabalho útil.



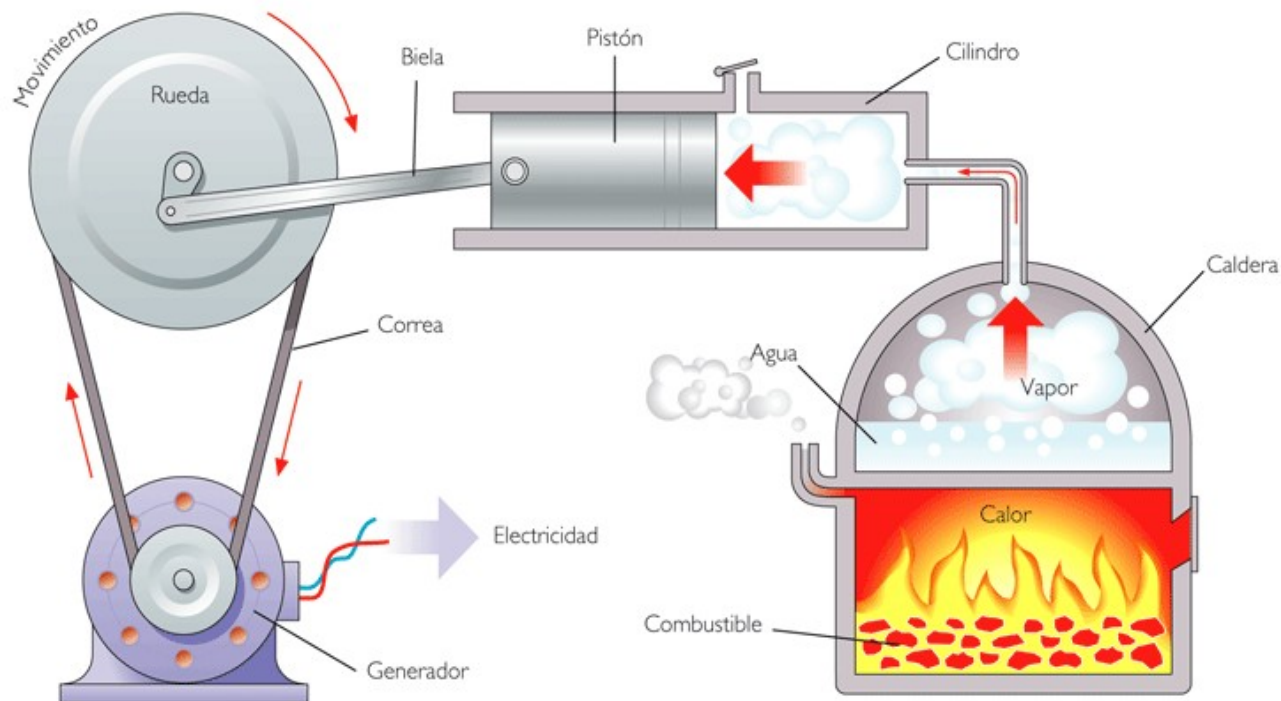
→ Necessita de dois reservatórios térmicos e de um fluido de trabalho

Ver vídeo → https://www.youtube.com/watch?v=u2CbJNz_fFM

Teoria Cinética dos Gases

Conexão Micro-Macro

Exemplo: Usina a vapor



Teoria Cinética dos Gases

Conexão Micro-Macro

Transformando Calor em Trabalho

Com a nova definição de trabalho, a 1ª Lei da Termodinâmica fica

$$Q = W^{\text{pelo}} + \Delta E^{\text{term}}$$

Em um ciclo: $\Delta E^{\text{term}} = 0 \rightarrow Q^{\text{ciclo}} = W^{\text{pelo}} = W^{\text{útil}}$

$$\rightarrow Q^{\text{ciclo}} = Q^{\text{entra}} - Q^{\text{sai}}$$

Teoria Cinética dos Gases

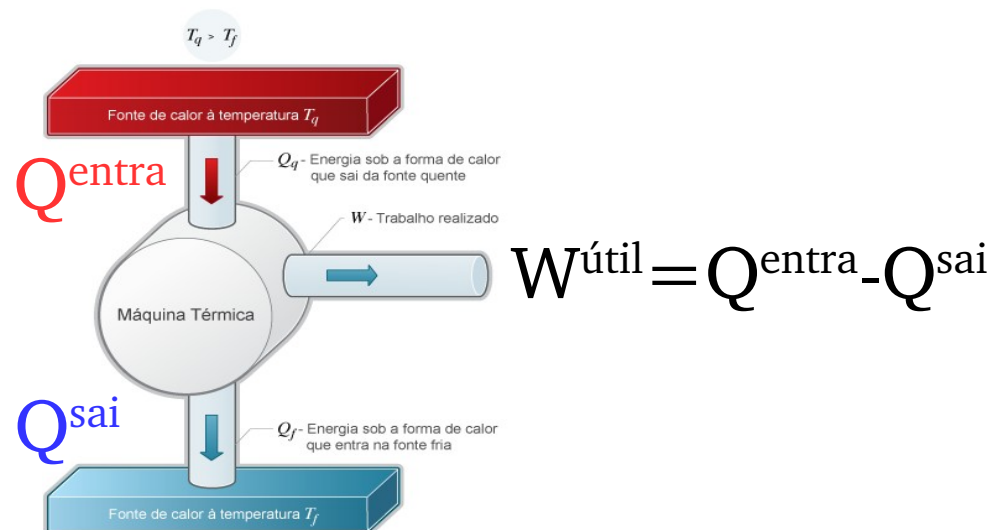
Conexão Micro-Macro

Transformando Calor em Trabalho

Na prática, gostaríamos de que a máquina térmica realizássemos a máxima quantidade de trabalho com a mínima quantidade de calor...

Rendimento térmico

$$\eta = W^{\text{útil}} / Q^{\text{entra}}$$



Teoria Cinética dos Gases

Conexão Micro-Macro

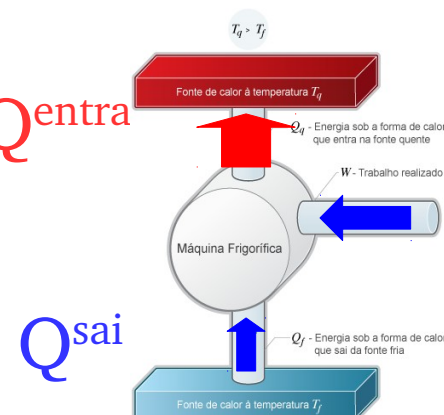
Transformando Calor em Trabalho

Refrigerador

Na prática, gostaríamos de que o refrigerador retirasse o máximo de calor do reservatório frio com o mínimo de trabalho...

Coeficiente de desempenho Q_{entra}

$$K = Q^{\text{sai}} / W^{\text{entrada}}$$



$$W^{\text{entrada}} = Q^{\text{sai}} - Q^{\text{entra}}$$

Física 3

Teste Conceitual - 1

1- Uma máquina térmica

- A) converte calor de entrada em uma quantidade equivalente de trabalho
- B) converte trabalho em uma quantidade equivalente de calor
- C) recebe calor, realiza trabalho, e perde calor
- D) faz trabalho positivo em um sistema para transferir calor de um reservatório a alta temperatura para outro reservatório a baixa temperatura.

Física 3

Teste Conceitual - 2

3- Uma máquina térmica que em cada ciclo realiza trabalho positivo e perde energia como calor, sem nenhuma energia de entrada, violaria

- A) a lei zero da termodinâmica
- B) a primeira lei da Termodinâmica
- C) a segunda lei da termodinâmica
- D) a terceira lei da termodinâmica

Física 3

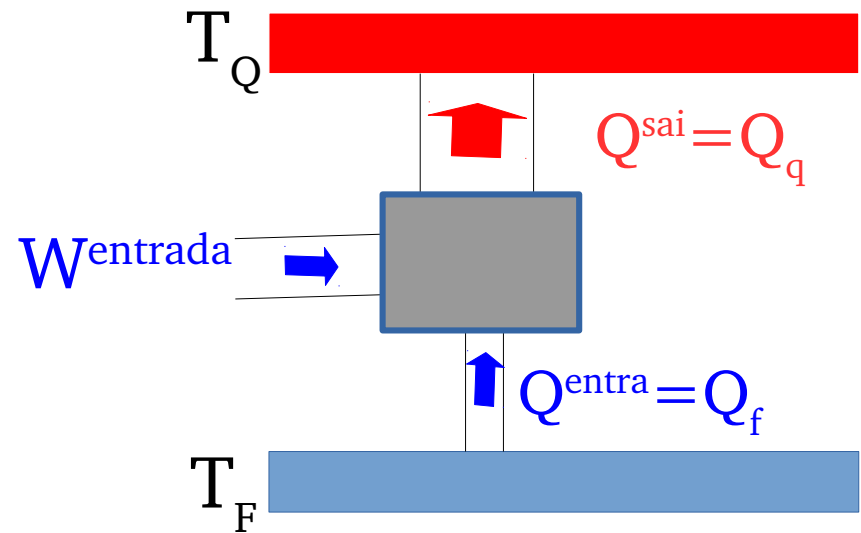
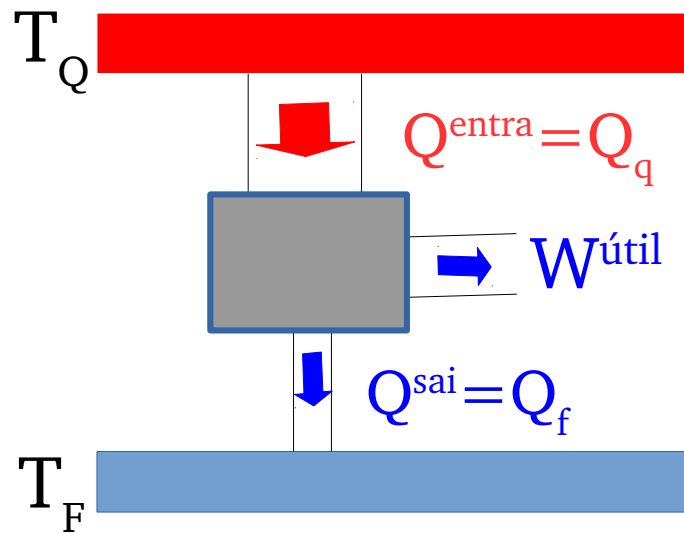
Teste Conceitual - 3

3- Um inventor sugere que uma casa pode ser aquecida por meio de um refrigerador que extrai calor do ambiente exterior e rejeita calor para dentro de casa. Ele afirma que a energia fornecida para a casa em forma de calor pode exceder o trabalho necessário para fazer o refrigerador funcionar. Isto

- A) é impossível pela primeira lei da termodinâmica.
- B) é impossível pela segunda lei da termodinâmica.
- C) isto seria possível somente se a temperatura exterior fosse igual a temperatura interior.
- D) é possível.

A 2ª Lei da Termodinâmica proíbe a construção de máquinas térmicas perfeitas. Contudo, qual a Máquina Térmica mais eficiente – entre reservatórios T_Q e T_F - que podemos construir?

Máquina Térmica Perfeitamente Reversível



Um dispositivo que possa ser operado como uma máquina térmica ou como um refrigerador entre os mesmos reservatórios, efetuando as mesmas transferências de energia, apenas em sentido inverso.

Máquina Térmica Perfeitamente Reversível

→ Nenhuma Máquina Térmica pode ser mais eficiente que uma Máquina Térmica Perfeitamente Reversível.

Máquina Térmica Perfeitamente Reversível

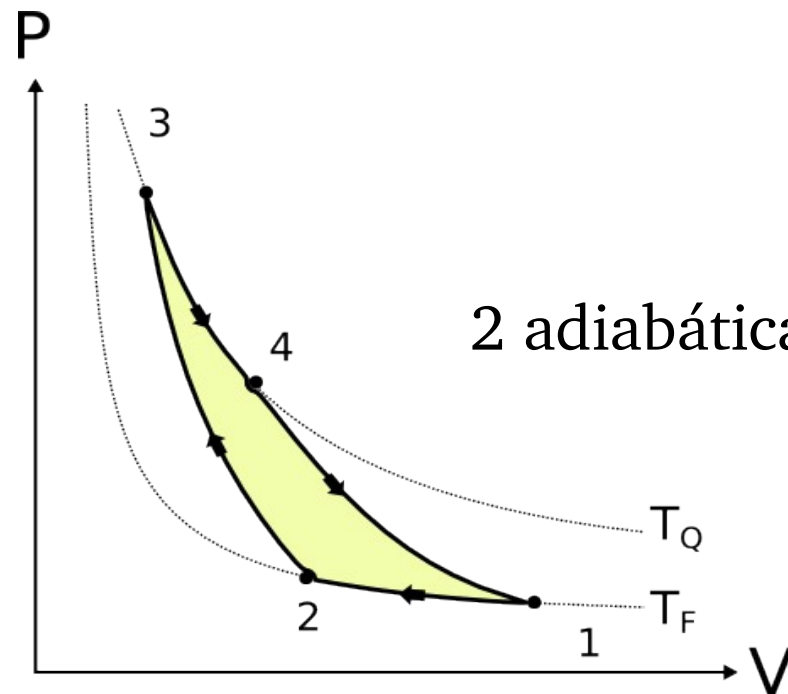
Em teoria, uma Máq. Térm. Perfeitamente Reversível deve satisfazer:

- Interações Mecânicas com $Q=0$ e sem atrito
- Transições Isotérmicas ($\Delta E^{\text{term}}=0$)

A Máq. Térm. Perfeitamente Reversível é conhecida como
Máquina de Carnot

OBS: O conceito de Máquina Térmica Perfeitamente Reversível ou Ciclo de Carnot independe da substância de trabalho.

Máquina Térmica Perfeitamente Reversível - Ciclo de Carnot



2 adiabáticas e 2 isothermas

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - T_F / T_Q$$

Física 3

Teste Conceitual - 4

4- A eficiência teórica máxima de uma máquina de Carnot que opera entre reservatórios no ponto de vapor e a temperatura ambiente vale aproximadamente

- A) 10%
- B) 20%
- C) 50%
- D) 80%

Física 3

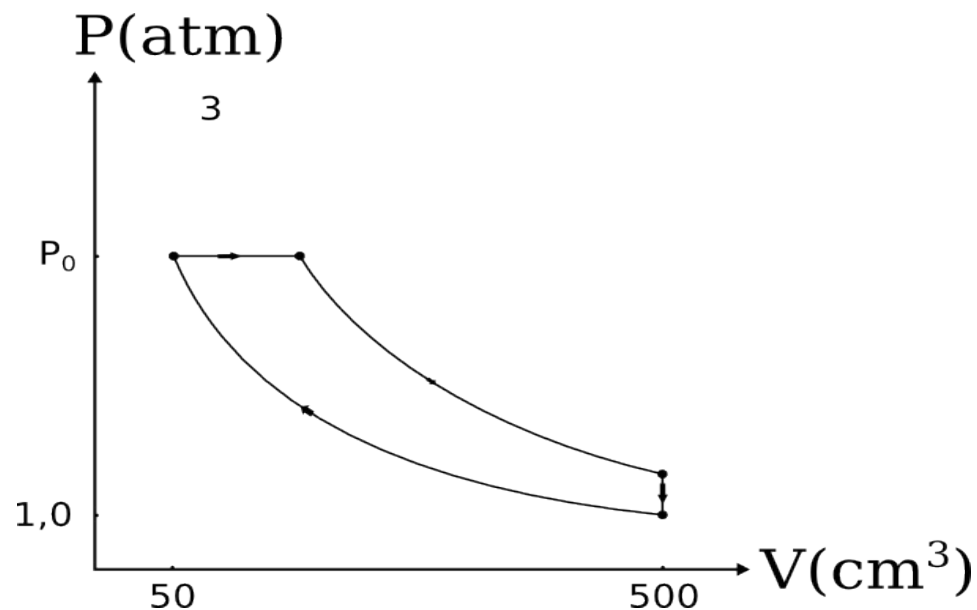
Teste Conceitual - 5

5- Em uma cozinha isolada termicamente, um refrigerador é ligado e mantido com a porta aberta. A temperatura da cozinha

- A) permanece inalterada de acordo com a primeira lei da termodinâmica.
- B) aumenta de acordo com a primeira lei da termodinâmica.
- C) aumenta de acordo com a segunda lei da termodinâmica.
- D) diminui de acordo com a primeira lei da termodinâmica.

Problema: O ciclo mostrado representa o ciclo do motor a Diesel que possui uma razão de compressão $r = V_{\text{máx}} / V_{\text{mín}} = 10$. O motor opera com ar diatômico ($\gamma = 1,40$) a $20^\circ\text{C} = 293\text{K}$ e pressão de $1,0\text{atm}$. A quantidade de combustível injetada em um ciclo têm calor de combustão de 357J .

- A) Determine P , V e T nos quatro vértices.
- B) Qual o trabalho resultante em um ciclo?
- C) Qual o rendimento térmico?
- D) Quais as temperaturas dos reservatórios Q e F ?
- E) Qual a maior eficiência que poderia ser atingida por um motor de Carnot que opera entre os mesmos reservatórios?



Problema: Um dispositivo térmico descreve um Ciclo de Brayton com razão de pressão $r_p = P_{\text{máx}} / P_{\text{mín}} = 10,0$. O ciclo se inicia (ponto 1) num ponto onde a pressão vale 1,000 atm, o volume 200,00 cm³ e $T = 400\text{K}$. Inicialmente, o gás diatômico ($\gamma = 1,40$) sofre uma compressão adiabática (1 → 2), até que sua pressão decuple. A seguir, o gás sofre uma expansão isobárica (2 → 3), na qual ocorre uma troca de 40,4J de calor. O gás sofre ainda uma expansão adiabática (3 → 4) até que sua pressão retorne ao valor original. O ciclo é finalizado com uma compressão isobárica (4 → 1) que leva o gás ao estado inicial.

- 1- Represente esse ciclo em um diagrama PV, indicando para os pontos 1-4 todos os respectivos valores de V, P e T.
- 2- Na troca de 40,4J de calor mencionada no enunciado, o calor entra ou sai do sistema (sistema=gás)?
- 3- Quanto valem os calores de entrada (Q_{ent}) e saída (Q_{sai}) neste ciclo?
- 4- Esse dispositivo é uma máquina ou um refrigerador? Justifique. OBS: a menção de sentido horário e anti-horário não caracteriza a natureza do dispositivo.
- 5- Determine η se o dispositivo for uma máquina ou K se o dispositivo for um refrigerador.