

# Física 3

(1/2015)

## *Máquinas Térmicas*

Aula 13

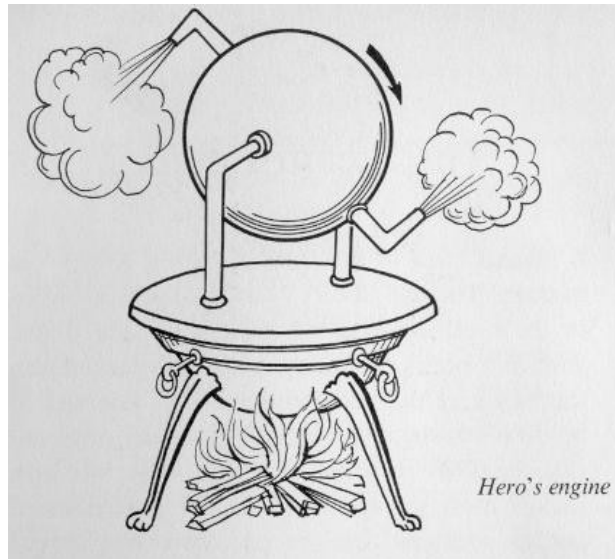
Carlos Eduardo Souza (Cadu)  
carlooseduardosouza@id.uff.br

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](https://www.youtube.com/watch?v=u2CbJNz_fFM)

# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### Tarefa de Leitura

#### O que é uma máquina térmica?

Estudante 1- “É qualquer dispositivo que opere em ciclo fechado e que extraia um calor  $Q_q$  de um reservatório quente, realize um trabalho útil e rejeite um calor  $Q_f$  para um reservatório frio.”

# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### Tarefa de Leitura

O que é um reservatório térmico?

Estudante 1- “É um recipiente para armazenamento da água aquecida.”

Estudante 2- “Denominamos de reservatório térmico a um corpo de grande capacidade térmica de tal forma que ao receber uma quantidade de calor não sofre variação sensível de temperatura. ”

# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### Tarefa de Leitura

**Um gás expande empurrando um pistão. Nesse processo, o trabalho realizado pelo gás é positivo ou negativo? E a energia, é transferida do gás para a vizinhança ou vice-versa?**

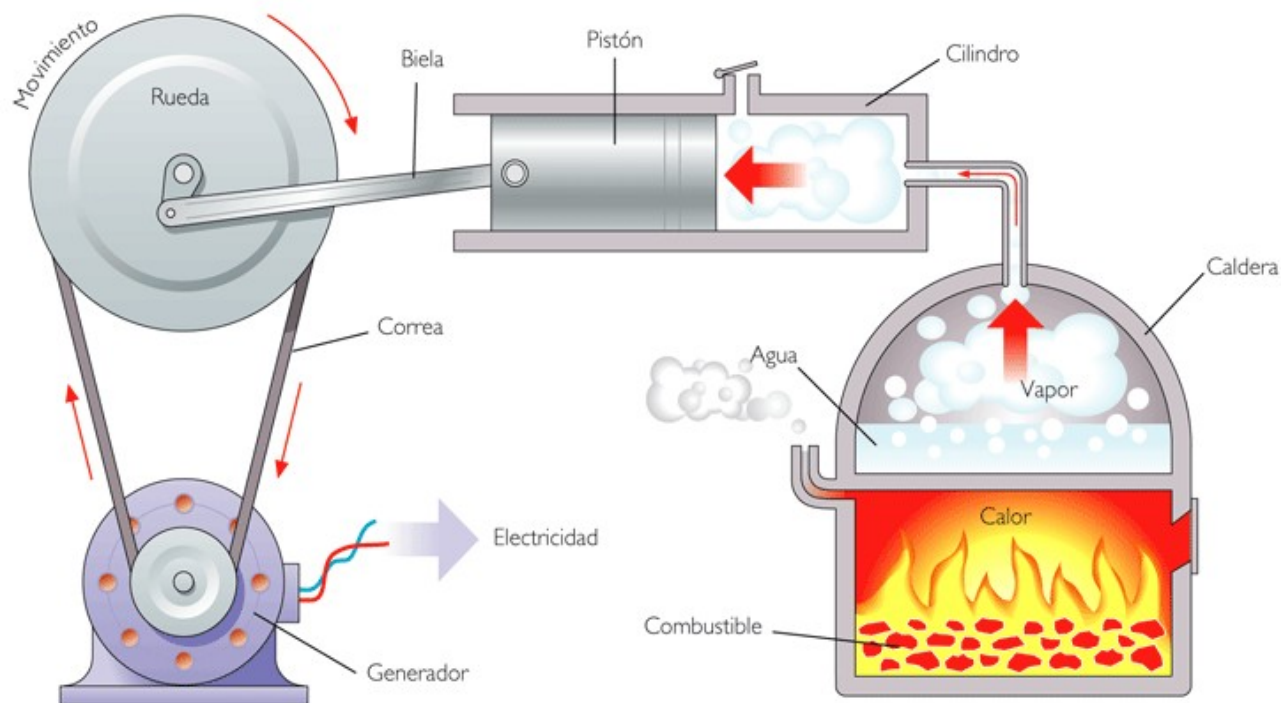
Estudante 1- “O trabalho ( $W_s$ ) é o trabalho realizado pela máquina térmica durante um ciclo, logo ele é positivo. O gás realiza trabalho sobre a vizinhança à medida que ergue o pistão. Logo, a energia é transferida do gás para a vizinhança.”

Estudante 2- “Como se trata de uma expansão, o trabalho realizado pelo gás é positivo e a energia é transferida para fora do sistema.”

# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

Exemplo: Usina a vapor

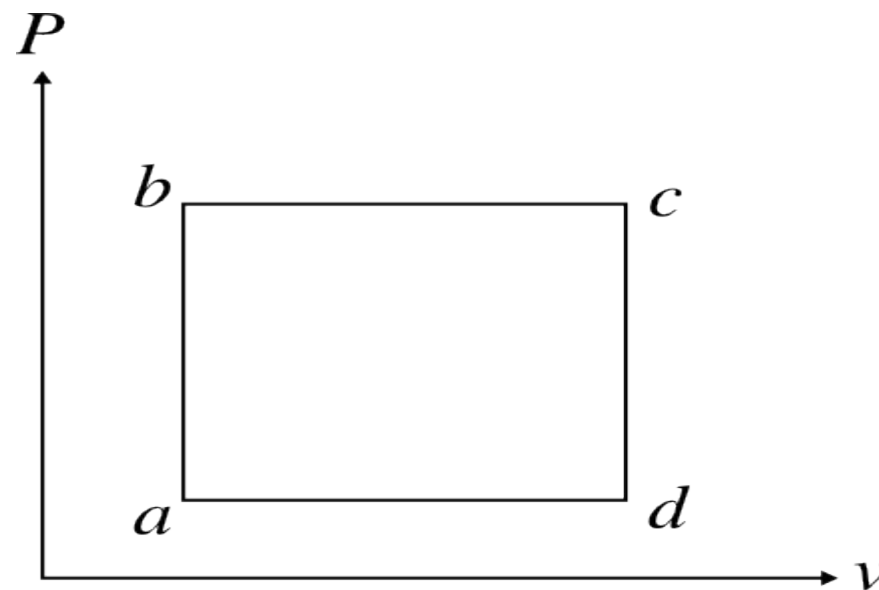


# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### *Transformando Calor em Trabalho*

Consideremos um dispositivo cuja a substância de trabalho é um gás ideal que descreve o ciclo abaixo



Determine o sinal dos calores em cada um dos trechos do ciclo.



# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### *Transformando Calor em Trabalho*

OBS: No estudo de termodinâmica, em especial das Máquinas térmicas, é muito útil trabalharmos com a ideia de **trabalho realizado pelo sistema**, ao invés do **trabalho realizado sobre o sistema**.

$$W^{\text{pelo}} \equiv -W^{\text{sobre}} = - \int P dv$$

→ compressão:  $W^{\text{pelo}} < 0$  e  $W^{\text{sobre}} > 0$  (a energia entra no sistema)



# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### *Transformando Calor em Trabalho*

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

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

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

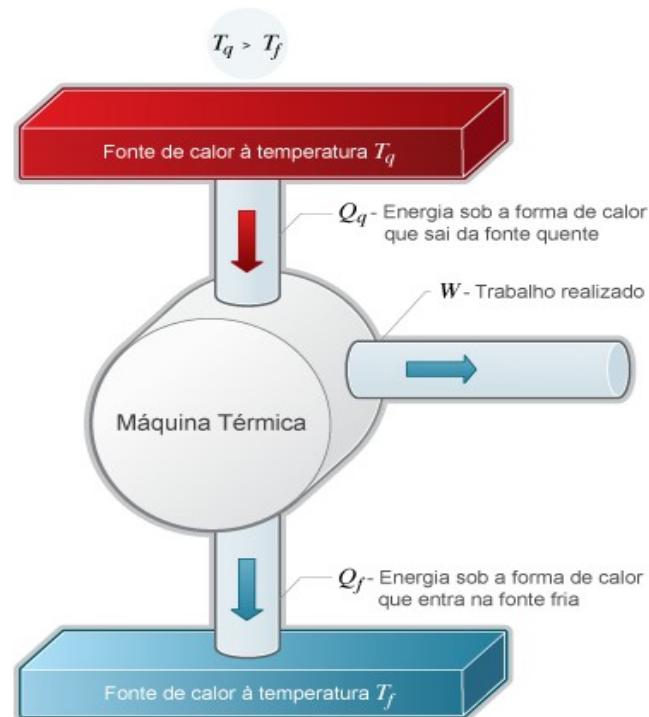
$$\rightarrow Q^{\text{ciclo}} = Q^{\text{entra}} - Q^{\text{sai}}$$

# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

*Transformando Calor em Trabalho*

Diagramas de transferência de energia



# Teoria Cinética dos Gases

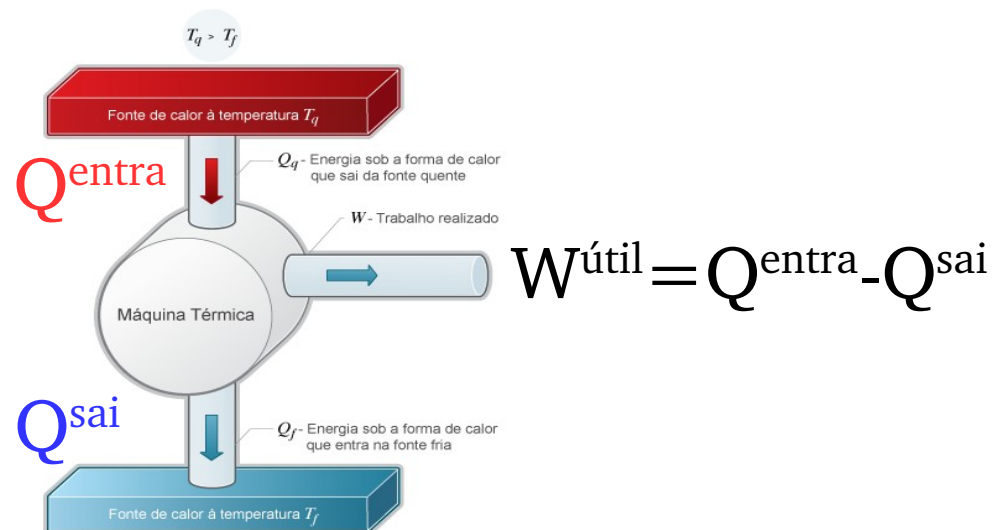
## Conexão Micro-Macro

### *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

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

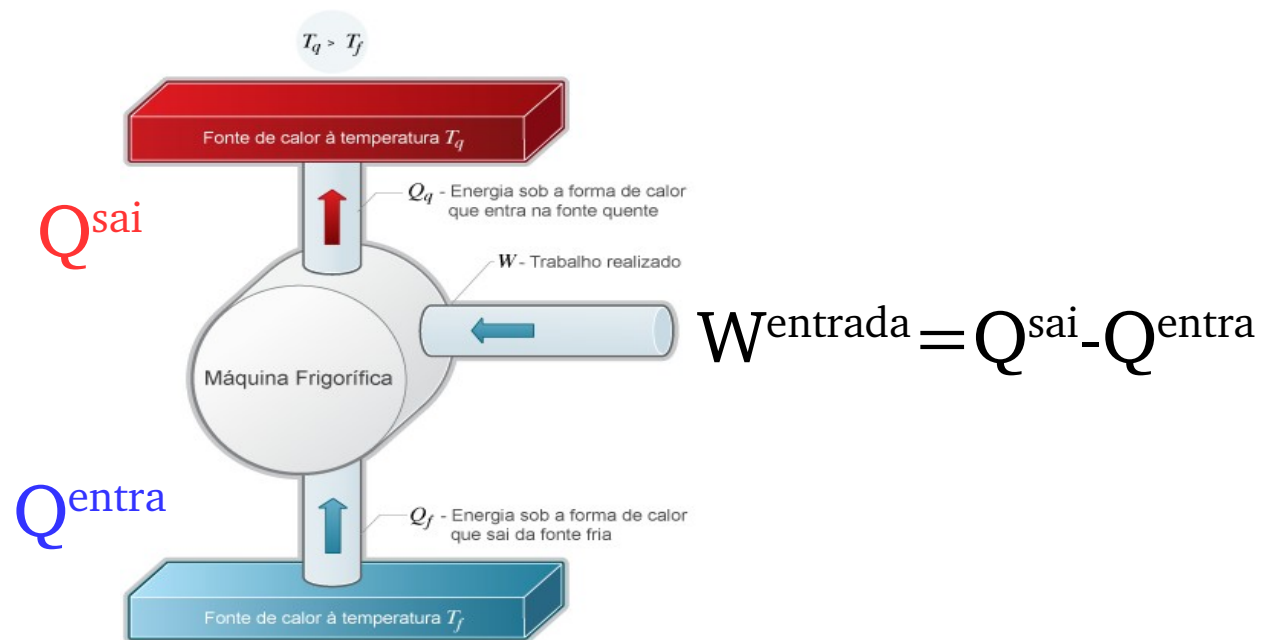


# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

*Transformando Trabalho em Calor*

*Refrigerador*



# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

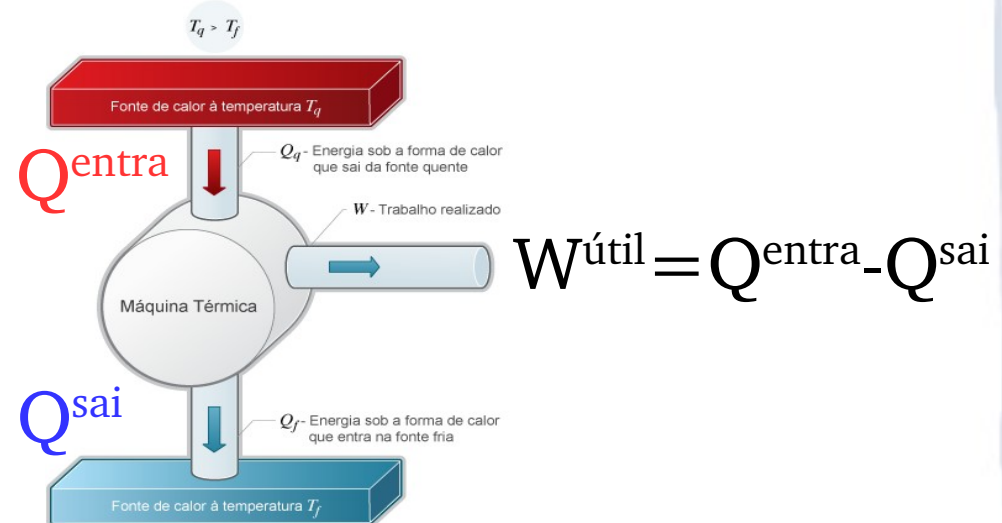
*Transformando Calor em Trabalho*

### Refrigerador

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

Coeficiente de desempenho

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



# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

### Tarefa de Leitura

**É possível transformar 100% da energia transferida para um sistema como calor em trabalho? Se sim, cite um exemplo.**

Estudante 1- “Não, pois para ser dessa forma, um dispositivo que transforma calor em trabalho deve retornar ao seu estado inicial no término do processo e estar pronto para que isso se repita continuamente. Logo, não é o que ocorre em transformações de calor em trabalho.”



# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

**É possível transformar 100% da energia transferida para um sistema como calor em trabalho? Se sim, cite um exemplo.**

Estudante 3- “Num processo isotérmico, onde a variação da energia térmica é nula, todo o calor transferido para o sistema é transformado em energia. Neste caso, e somente neste, essa transferência é 100% eficiente, mas esse processo só acontece uma única vez, já que o sistema não retorna ao seu estado inicial. Ex.: gás recebe calor e realiza trabalho ao erguer um pistão e levantar uma massa (expansão isotérmica).

Quando se trata de máquinas térmicas, onde o processo volta ao seu estado inicial no término do mesmo, não é possível transformar o calor em trabalho com 100% de eficiência, visto que há um limite de rendimento da máquina imposto pela segunda lei da termodinâmica. ”

# Teoria Cinética dos Gases

## Conexão Micro-Macro

**Qual a temperatura mínima que um reservatório quente pode atingir em uma Máquina Térmica?**

Estudante 3- “A temperatura mínima de um reservatório quente pode atingir é igual a temperatura máxima atingida pelo sistema.”

Estudante 2- “A temperatura  $T_q$  do reservatório quente deve exceder a temperatura máxima atingida pelo sistema.”

Estudante 1- “A temperatura mínima é a mesma do reservatório frio.”

# 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

2- 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- É possível transferir calor de um reservatório quente para um reservatório frio?

- A) Não, isto é proibido pela segunda lei da termodinâmica
- B) Sim, isto ocorre naturalmente
- C) Sim, mas trabalho deve ser realizado
- D) Teoricamente sim, mas isso ainda não pode ser realizado

# Física 3

## Teste Conceitual - 4

4- É possível transferir calor de um reservatório frio para um reservatório quente?

- A) Não, isto é proibido pela segunda lei da termodinâmica
- B) Sim, isto ocorre naturalmente
- C) Sim, mas trabalho deve ser realizado
- D) Teoricamente sim, mas isso ainda não pode ser realizado

# Física 3

## Teste Conceitual - 5

5- De acordo com a segunda lei da termodinâmica

- A) a energia térmica não pode ser completamente convertida em trabalho.
- B) o trabalho não pode ser convertido em energia térmica.
- C) a razão pela qual as máquinas não têm 100% de eficiência é o atrito, o qual é inevitável.
- D) todas as alternativas acima são verdadeiras



# Física 3

## Teste Conceitual - 6

6- 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