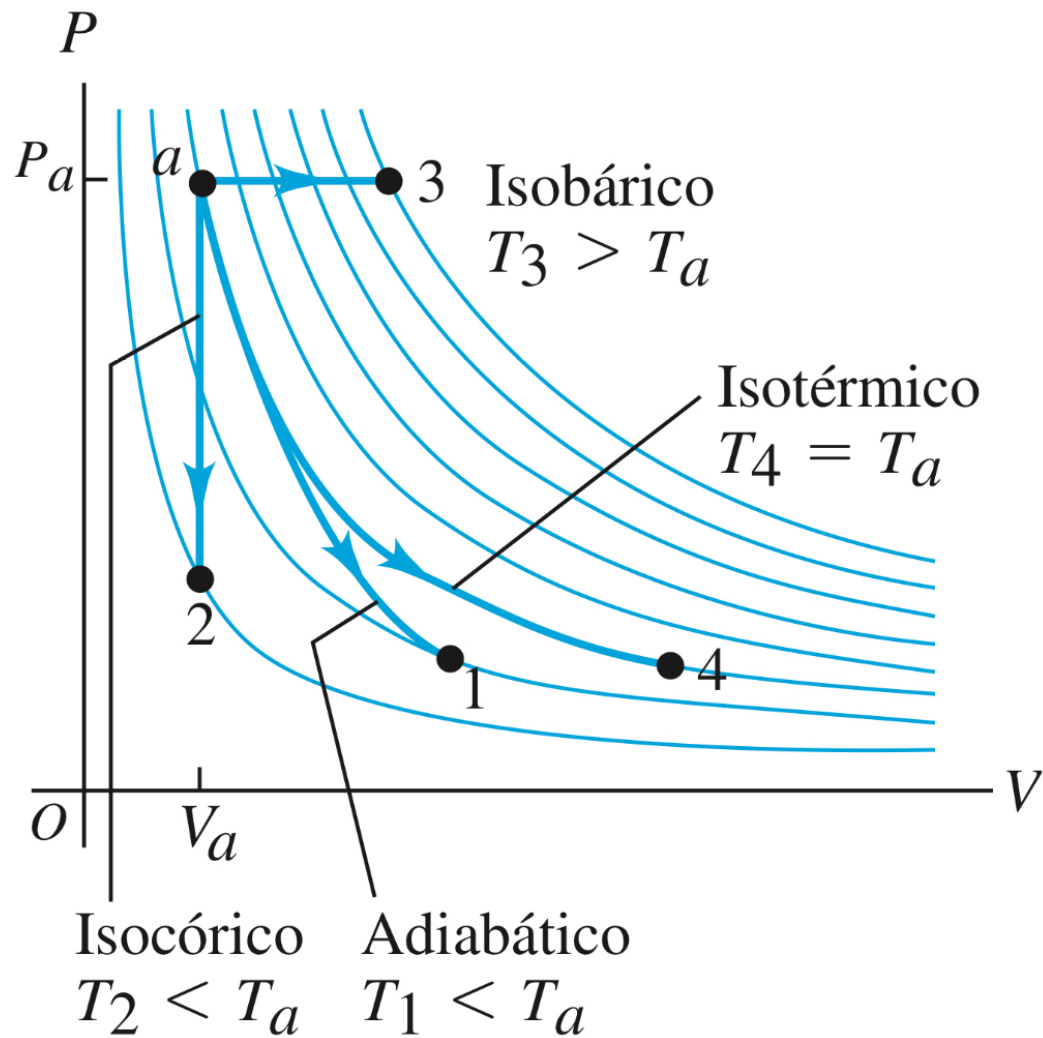




4300159 – Física do Calor

Segunda Lei da Termodinâmica

Revisão: Processos Termodinâmicos



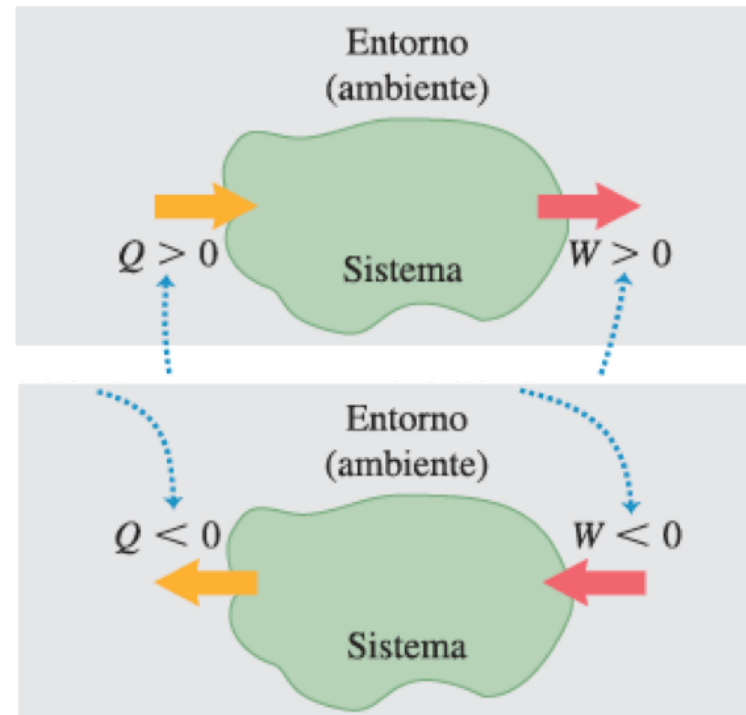
Revisão: Primeira Lei da Termodinâmica

– A Primeira Lei da Termodinâmica manifesta o Princípio de Conservação da Energia aplicado ao sistema:

$$dU = dQ - dW$$

Do ponto de vista da natureza esta Lei não responde tudo sobre os processos termodinâmicos, como por exemplo:

- Por que o calor só flui do quente para o frio?
- Porque a energia mecânica pode espontaneamente ser 100% convertida em calor (como um bloco que desce numa rampa com atrito e para), mas o caso contrário não é observado?



Daí aparece a Segunda Lei da Termodinâmica para definir a seta do tempo, entropia e processos irreversíveis.

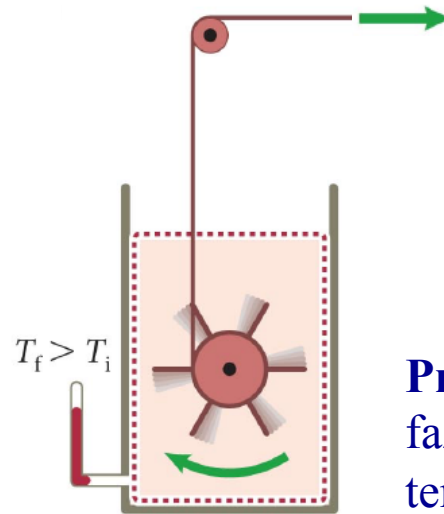
Irreversibilidade

- Os fenômenos macroscópicos que nos cercam são *irreversíveis*, implicando a seta do tempo.
- A *reversão* de quais dos processos abaixo violaria a conservação da energia (Primeira Lei da Termodinâmica)? Por reversão, entendemos a inversão da sequência temporal dos eventos, restaurando o estado inicial.



Processo: O milho esfria, transferindo calor à manteiga, que derrete.

Reversão: A manteiga solidifica, aquecendo o milho.



Processo: Trabalho externo faz a pá girar, elevando a temperatura da água.

Reversão: A água esfria, fazendo a pá girar em reverso, realizando trabalho sobre a vizinhança

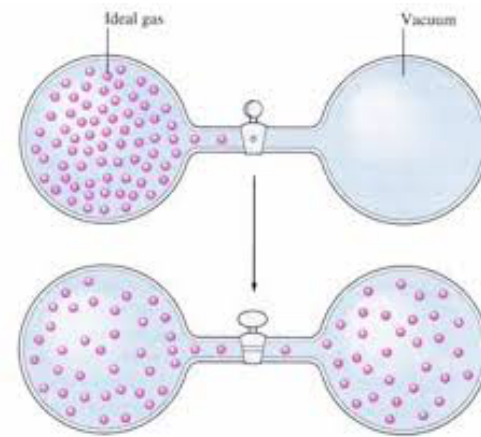
Irreversibilidade



http://fphoto.photoshelter.com/image/I0000J3ebZl_JKIw

Processo: O ovo cai, convertendo energia potencial em cinética, e quebra, produzindo calor e ondas sonoras.

Reversão: Energia é transferida do ambiente ao ovo, reconstruindo-o e fornecendo energia cinética, convertida então em potencial.



Processo: O gás se expande livremente após a abertura da válvula.

Reversão: O gás retorna ao estado inicial, ocupando apenas metade do volume.

Segunda Lei da Termodinâmica

Nenhum sistema pode absorver calor de um único reservatório e convertê-lo inteiramente em trabalho sem que resultem outras variações no sistema e no ambiente que o cerca.

SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA: ENUNCIADO DE KELVIN

– **Questão:** Na expansão isotérmica de um gás ideal, temos $\Delta U = 0$ e $Q = W$. Este caso viola a segunda Lei da Termodinâmica?

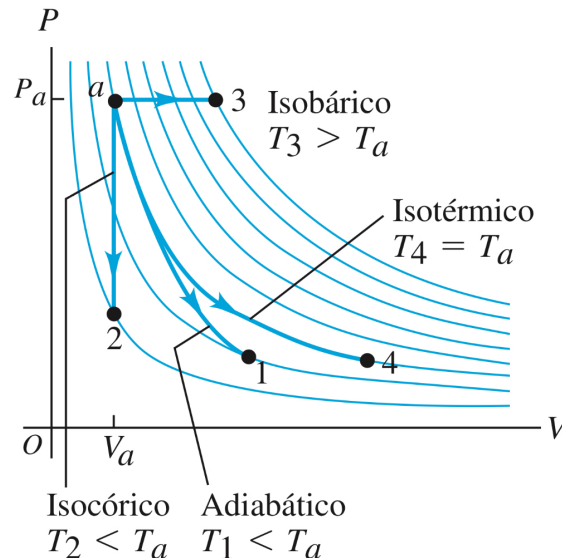
Segunda Lei da Termodinâmica

Nenhum sistema pode absorver calor de um único reservatório e convertê-lo inteiramente em trabalho sem que resultem outras variações no sistema e no ambiente que o cerca.

SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA: ENUNCIADO DE KELVIN

– **Questão:** Na expansão isotérmica de um gás ideal, temos $\Delta U = 0$ e $Q = W$. Este caso viola a segunda Lei da Termodinâmica?

– **Resposta:** Não o estado final do sistema é diferente do estado inicial, ou seja, $V_f > V_i$ e $P_f < P_i$. Então isto é uma outra variação descrita na segunda lei.



Segunda Lei da Termodinâmica

Um processo cujo único resultado efetivo seja o de retirar calor de um reservatório quente e transformá-lo inteiramente em trabalho é impossível.

SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA: ENUNCIADO DE CLAUDIUS

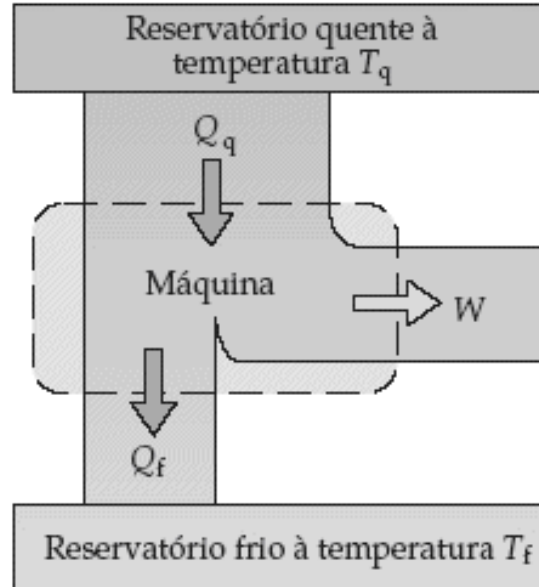
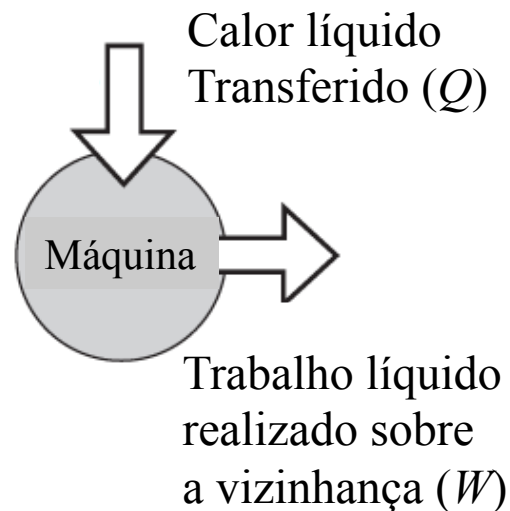


FIGURA 19-4 Representação esquemática de uma máquina térmica. A máquina absorve calor Q_q de um reservatório quente, a uma temperatura T_q , realiza trabalho W e libera calor Q_f para um reservatório frio a uma temperatura T_f .

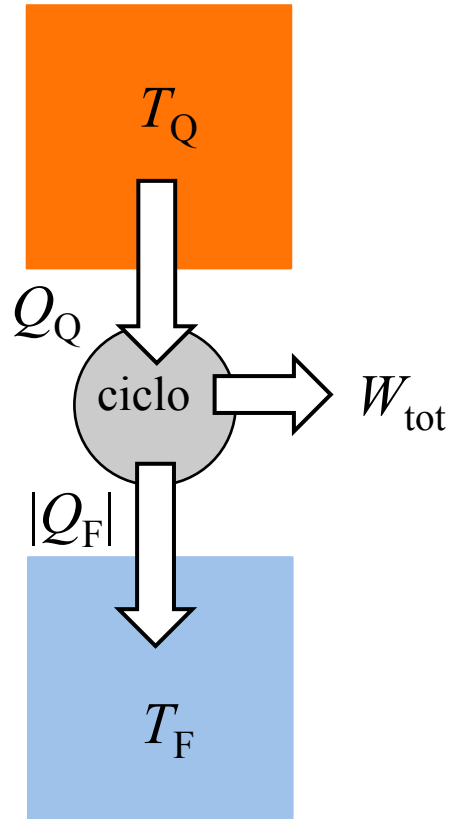
Máquinas Térmicas

– Máquinas Térmicas utilizam ciclos termodinâmicos de substâncias de trabalho (usualmente líquidos ou gases) para converter calor em trabalho.



– O modelo teórico de Máquina Térmica recorre a *reservatórios* de alta e baixa temperatura. Um reservatório é um corpo ideal tão grande, em número de partículas, que sua energia interna e temperatura essencialmente não são alteradas pelo trânsito de calor.

Máquinas Térmicas: Máquina a vapor



Q = quente

F = frio

tot = total no ciclo

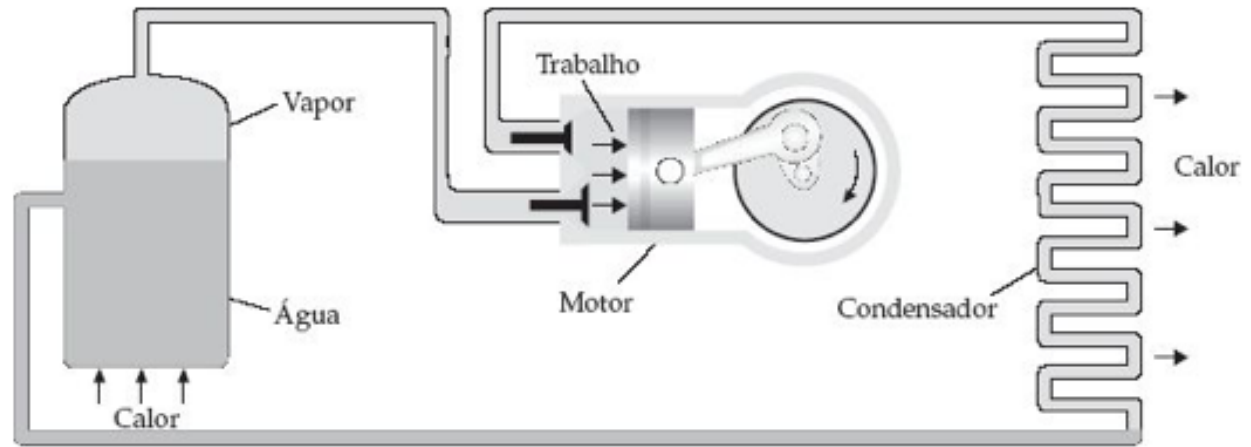


FIGURA 19-1 Desenho esquemático de uma máquina a vapor. Vapor sob alta pressão realiza trabalho sobre o pistão.

O reservatório quente é o fogo que esquenta a água e o reservatório frio é o ambiente que recebe o calor do vapor d'água resfriando e se transformando em água novamente.

Máquinas Térmicas: motor a combustão

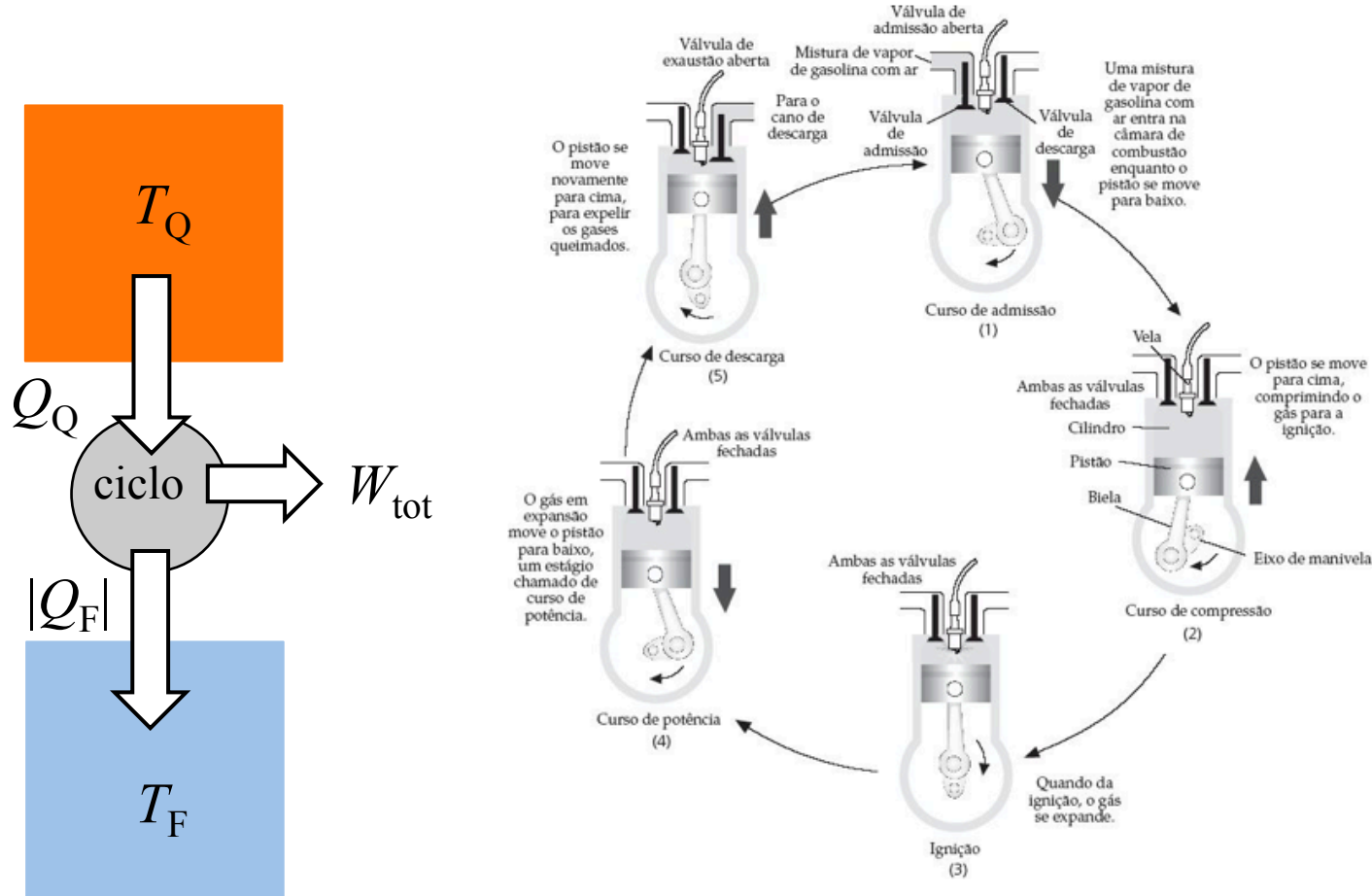


FIGURA 19-2 Motor de combustão interna. Em alguns motores, o fluido é injetado diretamente no cilindro, e não sobre o fluxo de ar.

O reservatório quente é o conjunto de reações químicas que ocorrem na etapa (3) e o reservatório frio é o ambiente que recebe a mistura de ar-combustível quente e uma mistura fria é reinsertada, etapas (5) e (1).

Eficiência de Máquinas Térmicas

– Primeira Lei aplicada ao ciclo da substância de trabalho:

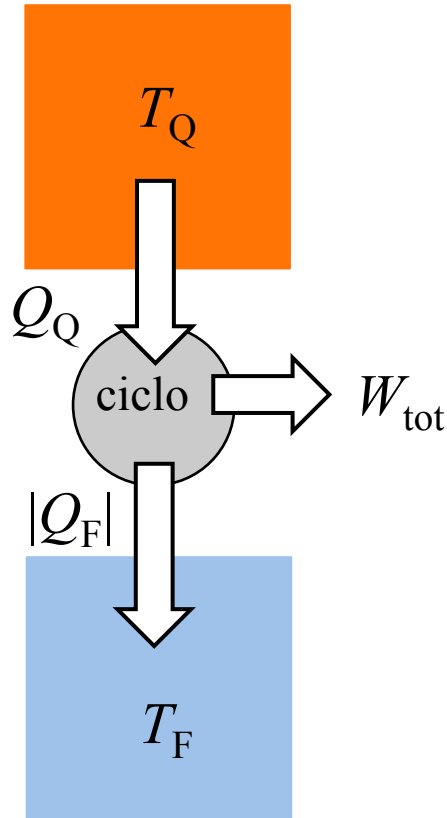
$$\Delta U = 0 \implies Q = W$$

$$Q = Q_Q - |Q_F|$$

$$W_{tot} = Q_Q - |Q_F|$$

– Uma vez que a máquina absorve calor Q_Q do reservatório “quente” e realiza trabalho W_{tot} por ciclo, é razoável definir sua eficiência na forma

$$\eta = \frac{W_{tot}}{Q_Q} = 1 - \frac{|Q_F|}{Q_Q}$$



Q = quente

F = frio

tot = total no ciclo

Exercício: Eficiência de Máquinas Térmicas

Exercício do Livro Sears e Zemansky.

O motor a gasolina de um caminhão grande consome 10.000J de calor e realiza 2.000J de trabalho mecânico em cada ciclo. O calor é obtido pela queima de gasolina com calor de combustão $L_C = 5,0 \times 10^4 \text{J/g}$.

- (a) Qual é a eficiência térmica dessa máquina?
- (b) Qual é a quantidade de calor rejeitada em cada ciclo?
- (c) Se o motor completa 25 ciclos por segundo, qual é a potência fornecida em watts? E em hp?
- (d) Qual a quantidade de gasolina queimada em cada ciclo?
- (e) Qual a quantidade de gasolina queimada por segundo?
- (f) Sabendo que a densidade da gasolina é de 750g/L e o tanque de combustível do caminhão tem 80L, qual tempo máximo de autonomia do caminhão sem precisar abastecer?

