

Capítulo 18

Temperatura, calor e primeira lei da termodinâmica

Neste capítulo vamos explorar os seguintes tópicos:

Temperatura e a lei zero da termodinâmica

Termômetros e escalas de temperatura

A expansão térmica

Temperatura e Calor

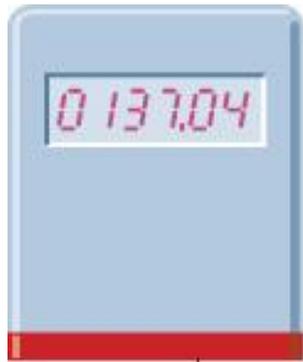
Calor específico

Calor de transformação

Trabalho, calor e primeira lei da termodinâmica

Transferência de calor mecanismos

(18-1)

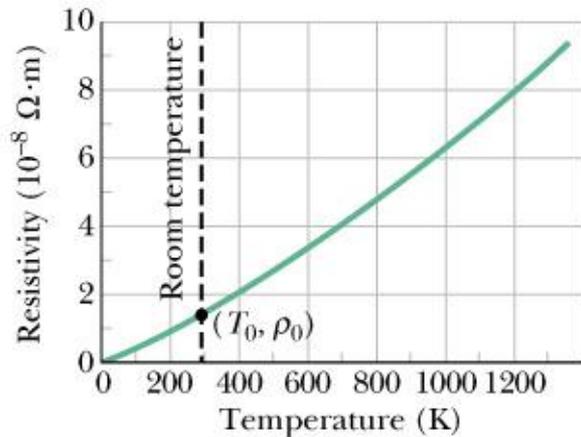


Thermally sensitive element

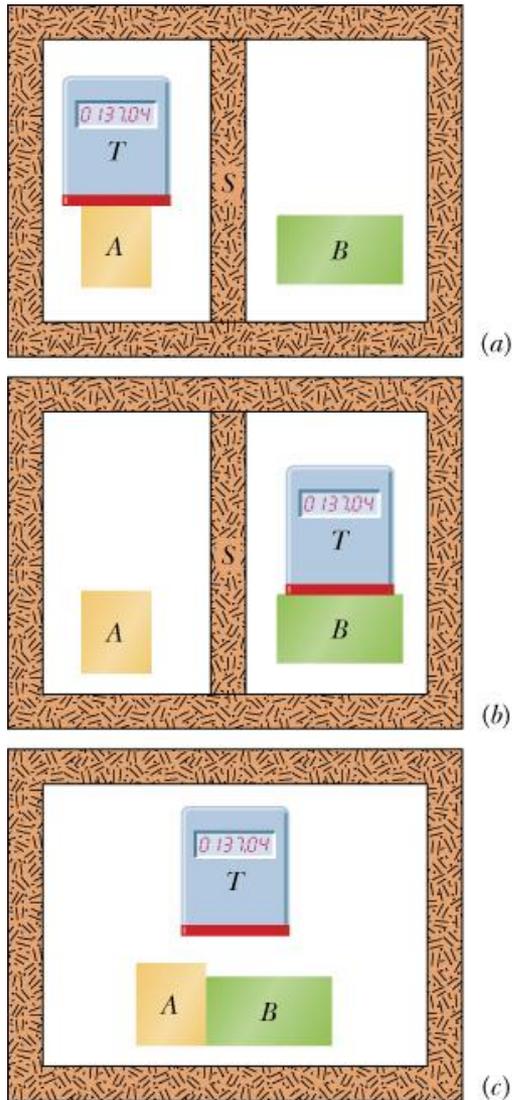
Temperatura (Símbolo: T)

A temperatura é um parâmetro físico fundamental. No que segue, vamos descrevê-lo e também estudar os métodos usados para medi-la.

É um experimental facto de que muitas propriedades de um objeto dependem temperatura. Por exemplo, a resistência R de uma condutor. Na figura inferior marcamos a resistividade de cobre em função do T . Podemos usar R ou qualquer outro parâmetro que depende T ao pino para baixo o conceito de temperatura. A imagem superior mostra um instrumento que mede a resistência R de um interior de arame. Tal instrumento descalibrado é conhecido como um "termoscópio". Um termoscópio" calibrado é chamado de "termômetro"



(18-2)



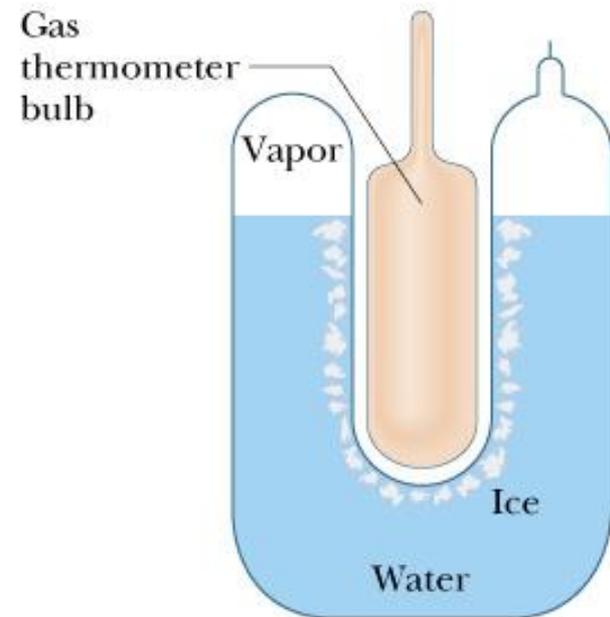
A lei zero da termodinâmica

Considere a imagem superior na figura. Nós colocamos um termoscópio (T corpo) em contato estreito com corpo de um e os dois objetos são colocados dentro de um isolamento de paredes espessas caixa. A leitura de T do corpo atingirá eventualmente um valor constante (137,04 neste exemplo). Dizemos que o dois corpos estão em equilíbrio térmico. Cada mensurável parâmetro de um corpo e T é estável. Além disso, as duas corpos têm a mesma temperatura. Suponha agora que os corpos T e B são colocados em contato estreito, como mostrado no meio de imagem, e que a leitura de T é ainda 137,04. Se agora colocar os corpos A e B em contato próximo encontramos experimentalmente que eles estão em equilíbrio térmico com cada outro. Se os corpos A e B são cada um em equilíbrio térmico com a T do corpo, então A e B estão em equilíbrio térmico com o outro. A declaração acima é conhecida como a lei zero da termodinâmica "

(18-3)

$$T_3 = 273.16 \text{ K}$$

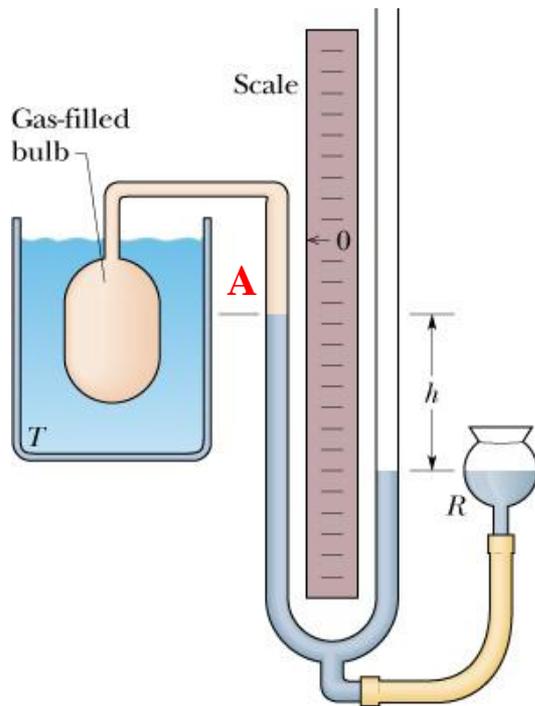
(18 - 4)



O ponto triplo da água

Nesta seção, vamos definir a temperatura na Escala Kelvin. Em seguida, calibrar um termoscópio e assim, convertê-la em um termômetro. Embora o temperatura de um corpo não tem um limite superior, ele tem um limite inferior que definem a ser o zero da escala Kelvin.

Para configurar uma escala de temperatura temos que escolher um fenômeno reproduzível térmica e arbitrariamente atribuir uma temperatura Kelvin para este fenômeno. Exemplos são o ponto de congelamento e o ponto de ebulição da água à pressão atmosférica. Acontece que o ponto triplo da água é mais fácil de reproduzir e é assim escolhido para definir a escala Kelvin. O ponto triplo de água é definida como a temperatura onde há a coexistência de água em estado sólido, líquido e gasoso a uma certa temperatura e pressão. a temperatura a este ponto é considerado como sendo $T_3=273,16 \text{ K}$

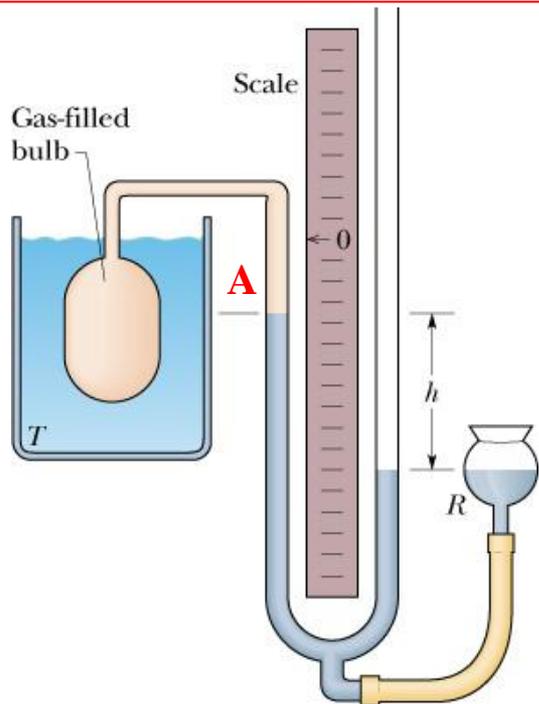


O termômetro de gás a volume constante

Na figura é mostrado um termômetro de gás constante volume. É constituída por uma ampola de vidro contendo um gás. O bulbo é ligado a um manômetro de mercúrio. A temperatura T do banho em torno da lâmpada é medida como se segue:

O reservatório de mercúrio é levantado ou abaixado para que o nível de mercúrio é a marca A. Isto assegura que o volume do gás é constante. A pressão do gás pé dada por a equação: $p = p_0 + \rho gh$. Aqui ρ é a densidade de mercúrio e h é a diferença de altura entre ponto A e da superfície de mercúrio na extremidade aberta do manômetro.

$$T = 273.16 \left(\lim_{p_3 \rightarrow 0} \frac{p}{p_3} \right)$$



A temperatura T do banho e a pressão do gás p_3 são ligados pela equação: $T = Cp$ (eqs.1). Aqui C é uma constante. O bulbo de vidro é líquido colocado dentro uma célula de ponto triplo à temperatura $T_3 = 273.16$ K, e a pressão do gás p_3 isto é medido.

Neste caso? $T_3 = Cp_3$ (eqs.2)

Se dividirmos a equação 2, com a equação 1, temos

$$\frac{T}{T_3} = \frac{p}{p_3} \rightarrow T = 273.16 \left(\frac{p}{p_3} \right)$$

A fim de obter resultados consistentes devemos nos certificar de que o gas quantidade no interior da lampada e pequeno. Isto e expresso como:

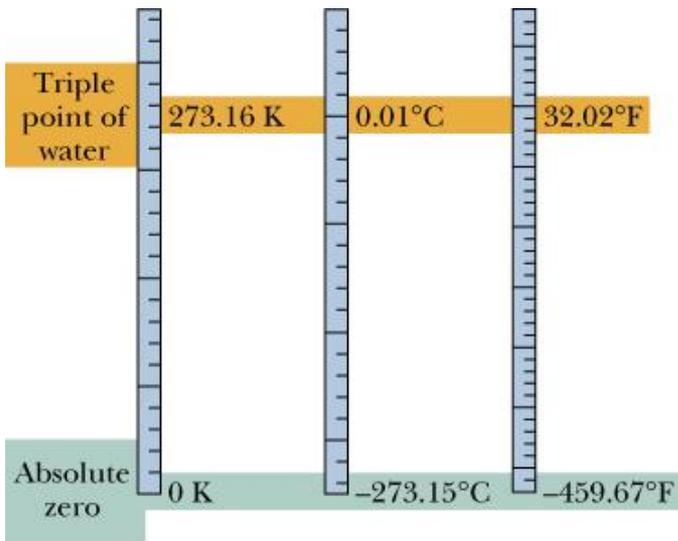
$$T = 273.16 \left(\lim_{p_3 \rightarrow 0} \frac{p}{p_3} \right)$$

Sob estas condições a leitura teromometro não depende que tipo de gás é usado no interior da lâmpada..

(18-6)

$$T_C = T - 273.15^\circ$$

$$T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ$$



As escalas Celsius e Fahrenheit

A escala de temperatura Kelvin é usada no ensino básico e no trabalho científico. Para mais prática todos os dias

aplicações da escala Celsius é amplamente utilizado. O

Grau Celsius tem o mesmo tamanho que o Kelvin a.

O zero da escala Celsius é deslocado de modo que:

$$T_C = T - 273.15^\circ$$

A escala Fahrenheit usada em os EUA emprega menor grau do que a escala Celsius

e um zero diferente: $0^\circ \text{C} = 32^\circ \text{F}$

A relação entre as duas escalas de temperatura é

dado pela equação: $T_F = \frac{9}{5}T_C + 32^\circ$

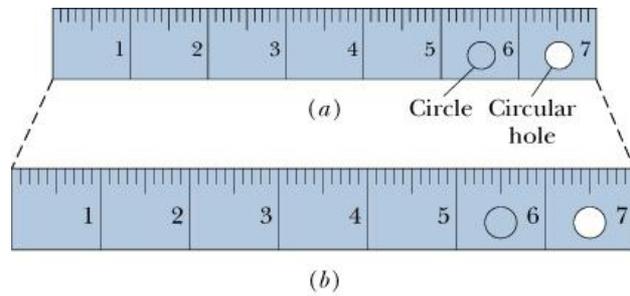
(18-7)

$$\Delta L = \alpha L \Delta T$$

Expansão linear

Se a temperatura de uma haste de metal de comprimento L é aumentada por uma quantidade ΔT , o seu comprimento também aumenta por uma quantidade $\Delta L = \alpha L \Delta T$

O termo α é conhecido como o coeficiente de expansão linear e depende o material da haste



$$\Delta V = \beta V \Delta T$$

A constante α não altera muito com a temperatura. Assim, por mais prático fins que pode ser tomada como uma constante.

Expansão de volume.

Todas as três dimensões de um sólido expandir com a temperatura, e, assim, o volume também se expande. Para líquidos este é o único parâmetro de expansão significativa. Para uma líquido de volume V , Um aumento ΔT da temperatura resulta em aumento de volume $\Delta V = \beta V \Delta T$ O termo β conhecido como o coeficiente de expansão de volume.

Para um sólido $\beta = 3\alpha$

(18-8)

Temperatura e Calor

Considere as duas objetos mostradas na figura. Um é chamado (a) o "sistema" e o outro "meio ambiente". No exemplo

do texto, o sistema é uma lata de e do meio ambiente é a mesa da cozinha. Se a temperatura do sistema T_S é maior do que

a temperatura ambiente T_E (Ver fig), então a energia é transferidos do sistema para o ambiente. Esta energia

é conhecido como "calor"(Símbolo Q). Neste caso, o calor é retirado

(b) como negativo. Se T_E (veja fig.a) o calor é transferido a partir do ambiente para o sistema. Neste caso "calor" (símbolo Q). Neste caso, o calor é retirado

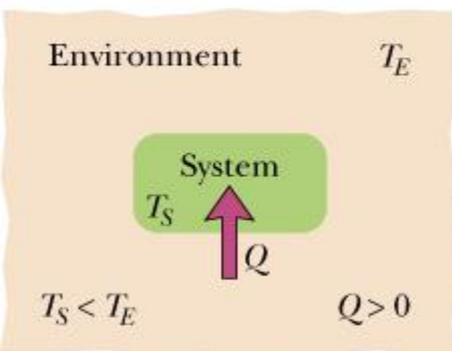
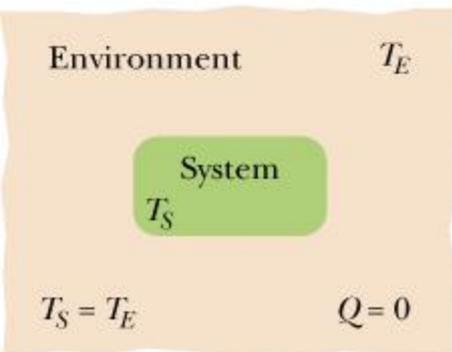
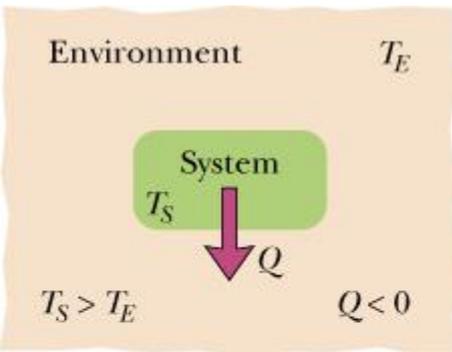
como negativo. Se $T_S = T_E$ (veja fig.b) não temos a transferência de calor.

Se $T_S < T_E$ (veja fig.c) calor é transferido a partir do ambiente para o sistema. Neste caso $Q > 0$.

(c) Assim calor é a energia transferida entre um Systema ea sua ambiente, porque uma diferença de temperatura existe entre

os dois. Unidade SI para Q: The Joule. Outra unidade não-SI é o caloria (cal) definida como: $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$.

(18 - 9)



Capacidade calorífica.

Se um objeto cuja temperatura inicial é T_i absorve uma quantidade Q de calor, a sua temperatura aumenta para um valor T_f de acordo com a equação: $Q = C\Delta T = C(T_f - T_i)$. A constante de proporcionalidade C é conhecido como o "**capacidade calorífica**".

Calor específico.

A capacidade de calor C de um objeto é proporcional à sua massa m . Assim, a equação acima pode ser escrita como: $Q = mc(T_f - T_i)$. A constante c é conhecido como o "**calor específico**". E que depende do material do qual o objeto é feito.

Calor específico molar.

Se medir a capacidade de calor que corresponde a um mole de uma substância, esta constante é conhecido como "calor específico molar". É um conveniente parâmetro porque 1 mole de qualquer substância contém o mesmo número ($6,02 \times 10^{23}$) de átomos ou moléculas.

Transformação de Calor

Um objeto pode existir em um dos três "estados" ou "fases". Estes são o sólido, o líquido e os estados de gás. Na fase sólida, os átomos estão presos numa estrutura rígida. Em a fase líquida do objeto não tem uma estrutura rígida, mas assume a forma do recipiente. No estado de gás, os átomos estão livres um do outro e encher completamente o volume do recipiente. Quando o estado de um objeto de mudanças de massa m , o objeto pode absorver ou liberar uma quantidade de calor Q sem qualquer mudança na temperatura T . O calor Q é dado pela equação: $Q=Lm$. A constante L é conhecido como o "**calor latente de transformação**". Se as alterações de objetos a partir do líquido para a fase gasosa o calor de transformação L_V é conhecido como "calor latente de vaporização". Se o objeto alterações do estado sólido para o líquido de calor de transformação L_F é conhecido como "calor latente de fusão". Um objeto absorve calor para ir a partir de sólido para o líquido ou de líquido para a fase gasosa. Inversamente, um objeto colocado para resfriar pode ir de líquido à sólido ou a partir de um gás para a fase líquida.

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p dV$$

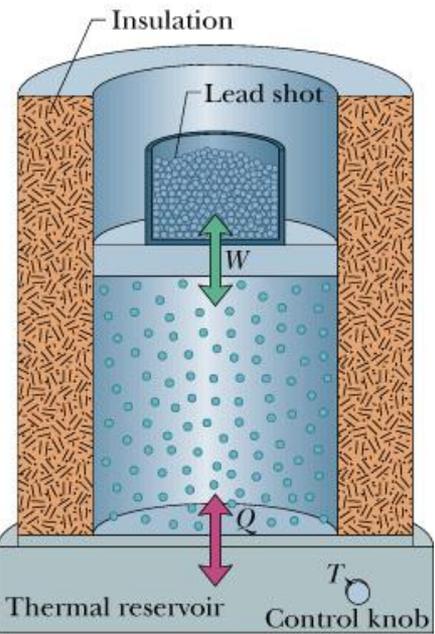
Um olhar mais atento calor e trabalho

Considere um volume de gás contido no cilindro mostrado na figura ao lado. O gás pode absorver ou libertar calor para ou a partir do reservatório térmico existente, na parte inferior do cilindro. A

pressão do gás é determinada pela quantidade de massa colocado no topo do êmbolo de área A . Trabalho W é feito ou mediante a remoção ou a adição de massa no topo do pistão.

Por exemplo, se a massa é removida e o pistão se move para cima por uma distância ds , O gás faz trabalho $dW = Fds = (pA) ds = p(Ads) = pdV$

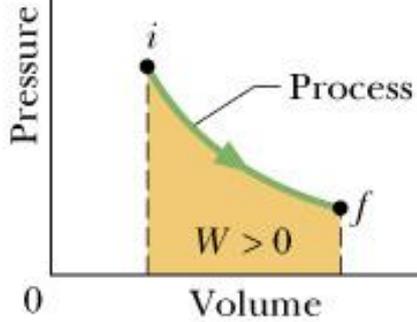
Aquí p é a pressão do gás e dV é a mudança de volume.



O gás começa a partir de um estado inicial a uma pressão p_i , Volume V_i e temperatura T_i e a sua é lentamente alterado para um estado final descrito por a pressão p_f , Volume V_f e temperatura T_f . O trabalho W feito pelo gás durante a mudança (conhecido como "processo termodinâmico") É dada por:

$$W = \int_{V_i}^{V_f} p dV \tag{18-12}$$

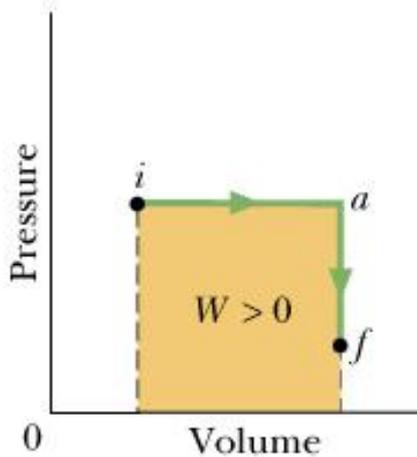
Há muitas maneiras de obter a partir da inicial à final estado do gás. Um tal processo é mostrado na P contra V no gráfico da fig.a.



O trabalho $W = \int_{V_i}^{V_f} p dV = \text{Área de cor sob a trama}$

(a) 0

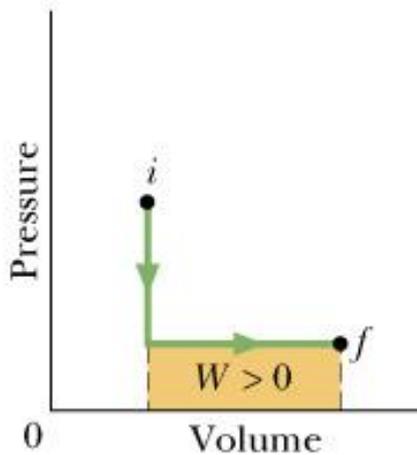
Na fig. b, primeiro manter a pressão constante em p_i e mudança o volume a partir V_i para V_f por absorção de calor a partir do reservatório. Em seguida, diminuir a pressão para a sua última valor p_f removendo alguns dos audiência de massa em cima do pistão. Em fig.c que reverter o processo. Primeiro



(b) 0

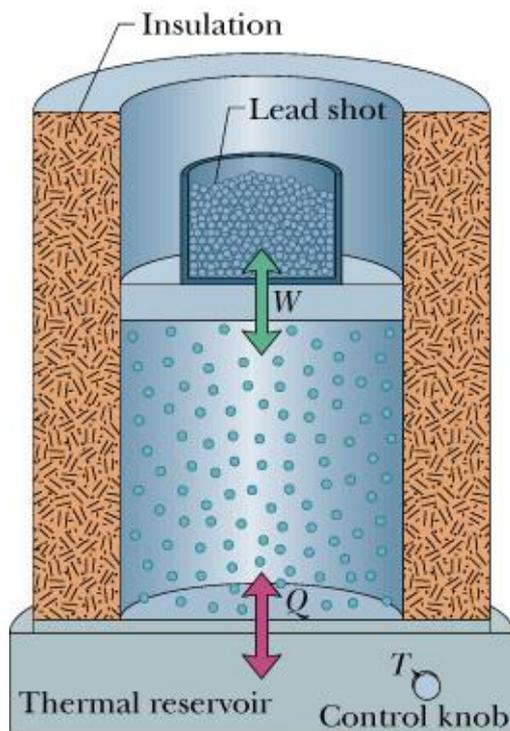
mudamos a pressão de p_i para p_f e, em seguida

podemos mudar o volume. Assim, o gás pode ser retirado do uma inicial para um estado final de um número infinito de processos. O calor absorvido e o trabalho feito depende do caminho percorrido no diagrama p contra V.



(c) 0

$$dE_{\text{int}} = dQ - dW$$

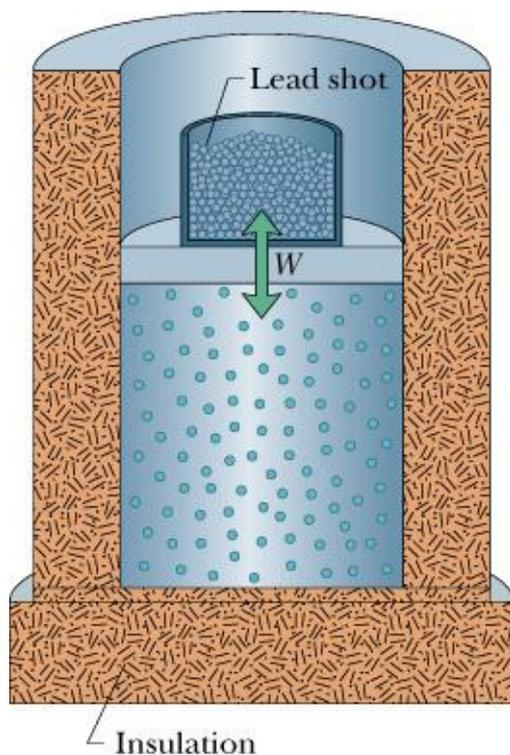


A primeira lei da termodinâmica

Considere o gás mostrado na figura. Ele muda de uma fase inicial para um calor final, absorvendo Q e fazendo o trabalho W . Tanto Q e W dependerá da natureza do processo. A quantidade $Q - W$, por outro lado, é independente do processo e depende somente dos estados iniciais e finais do sistema. A quantidade $Q - W$ representa a alteração na energia interna

$$dE_{\text{int}} = dQ - dW$$

A energia interna E_{int} de um sistema tende a aumentar se a energia é adicionada na forma de calor Q e tende a diminuir se a energia é perdida como trabalho W feito pelo sistema. A primeira lei é uma reafirmação do princípio da conservação de energia



Alguns casos especiais da primeira lei da termodinâmica

1. Processo adiabático.

Neste processo, o sistema é tão bem isolado e que o processo ocorre tão rápido que nenhum calor é trocado com o ambiente ($Q = 0$). Assim, a primeira lei toma a forma: $\Delta E_{\text{int}} = -W$

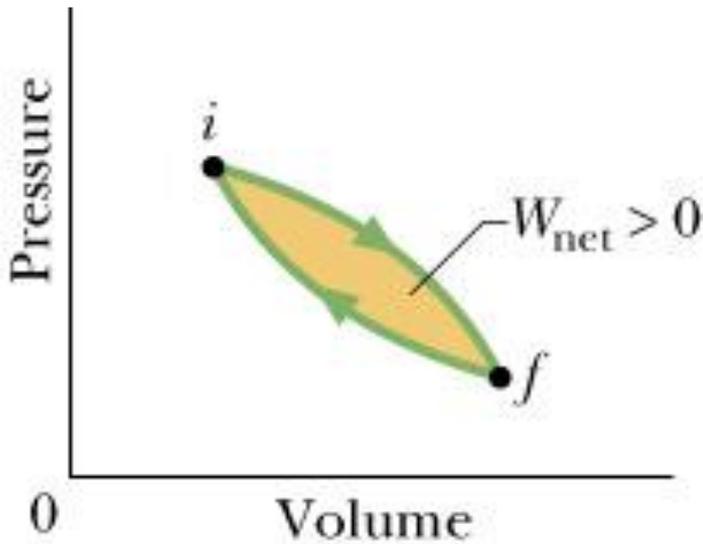
Se o trabalho é feito pelo sistema ($W > 0$) a interna energia diminui na mesma proporção.

2. Processo de volume constante.

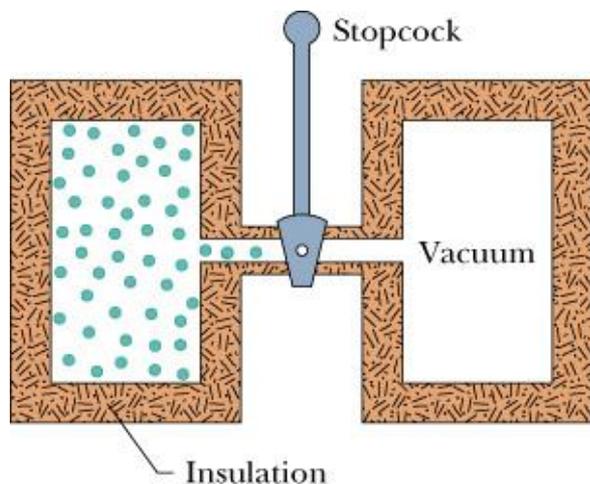
O volume do gás na figura é mantida constante.

Assim $W = 0$ e a primeira lei toma a forma: $\Delta E_{\text{int}} = Q$.

Se o calor é absorvido pelo gás ($Q > 0$) a energia interna aumenta pela mesma quantidade



(18 - 16)



3. Processo cíclico. Este é um processo no qual um sistema sofre trocas de calor e energia mas retorna ao seu estado inicial. Neste caso $\Delta E_{\text{int}} = 0$ e a primeira lei prevê que: $Q = W$

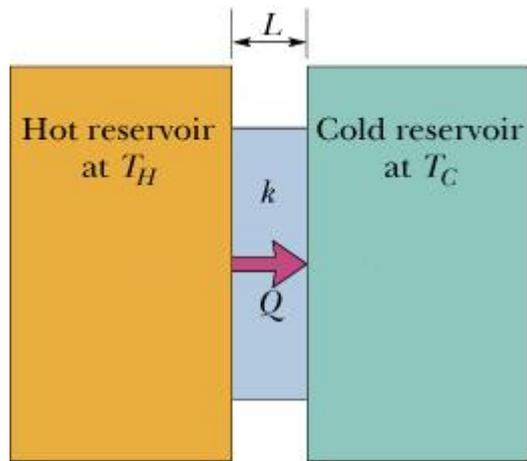
O trabalho líquido durante um processo cíclico é igual para a quantidade de calor transferido.

4. Expansão livre. Neste tipo de processo não transferência de calor ocorre para o sistema e nenhum trabalho é feito por ele. ou seja. Isto é. $Q = 0$ e $W = 0$
A primeira lei prevê que $\Delta E_{\text{int}} = 0$

A imagem à esquerda mostra um tal processo. Uma quantidade de gás é inicialmente confinado à esquerda câmara enquanto o camera a direito está vazia. As câmaras são termicamente isolado de modo que nenhum calor pode ser trocado com o meio ambiente. A válvula é aberta eo gás ocupa ambas as câmaras. Nenhum trabalho é feito no processo.

$$P_{cond} = \frac{Q}{t} = kA \frac{T_H - T_C}{L}$$

(18 - 17)



Mecanismos de Transferência de Calor

Há três mecanismos através dos quais o calor é transferido de um para outro objeto. Estes são: condução, convecção e radiação.

$$T_H > T_C$$

Condução

Considere um paralelepípedo de área A e a espessura L (mostrado na figura ao lado), intercalada entre um reservatório quente e um frio de uma temperatura T_H e T_C , respectivamente. Experimento mostra que o calor fluirá a partir do quente para o

reservatório frio através da laje à taxa: $P_{cond} = \frac{Q}{t} = kA \frac{T_H - T_C}{L}$

A constante k é conhecido como "condutividade térmica" E que depende da o material de que o paralelepípedo é feita.

Convecção.

Quando um fluido entra em contacto com um objecto cuja temperatura é mais elevada do que a do fluido, a temperatura dos aumentos de fluido eo fluido expande e sua torna-se menos denso. O fluido mais leve mais quente sobe enquanto alguns do fluido mais frio circundante toma seu lugar. No processo de calor é transferido por convecção.

Radiação.

Esta troca de calor ocorre através da emissão ou absorção de radiação eletromagnética.

Assim, este processo pode ocorrer em vácuo. A taxa

P_{rad} em que um objecto da área A e temperatura T radiação emite é dada por:

$P_{rad} = \sigma \varepsilon AT^4$ A constante $\sigma = 5.6703 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ é conhecido como o constante **Stefan - Boltzman**. A constante ε a emissividade da superfície do objecto

Para uma superfície totalmente absorptiva $\varepsilon = 1$. Tal objeto é conhecido como um "radiador de corpo negro". A taxa à qual um objecto absorve a radiação térmica

a partir do seu ambiente à temperatura T_{env} é dada pela equação:: $P_{abs} = \sigma \varepsilon AT_{env}^4$

O ganho líquido de energia é: $P_{net} = P_{abs} - P_{rad} = \sigma \varepsilon AT_{env}^4 - \sigma \varepsilon AT^4 = \sigma \varepsilon A (T_{env}^4 - T^4)$

(18 - 18)

Nota - se : $P_{net} > 0$ if $T_{env} > T$