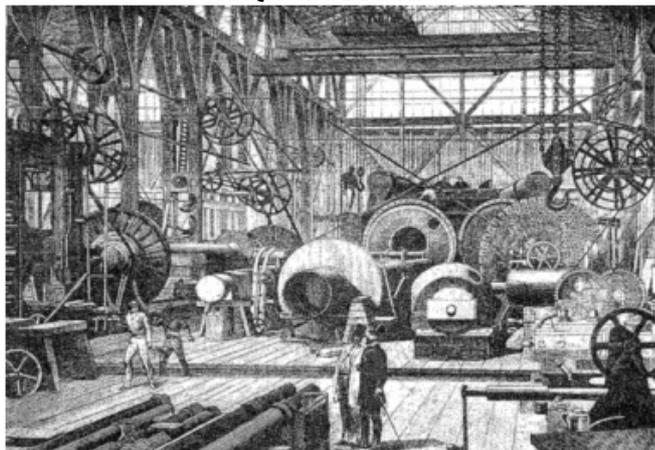


FÍSICA

Professor Ricardo Luiz

MÁQUINAS TÉRMICAS 1



Na gravura acima podemos observar uma instalação industrial do século XVIII. As máquinas industriais eram acopladas a eixos que giravam graças a uma máquina térmica a vapor.

Um dos principais objetivos do homem em sua busca na ciência sempre foi inventar dispositivos que para ele trabalhassem. O objetivo básico de uma máquina térmica é a transformação contínua de calor em trabalho.

A princípio pode parecer que a transformação isotérmica de um gás perfeita, sozinha, seria um processo adequado para essa transformação, pois não existe variação da energia interna ($\Delta U = 0$) e, portanto, $Q = W$, ou seja, o calor envolvido no processo é integralmente transformado em trabalho.

Pense um pouco sobre o processo citado acima. Além de sua difícil execução prática, como outros, ele envolve uma contínua variação de estado do gás; por exemplo, a pressão diminui e o volume aumenta. Acontece que a diferença de pressão (ΔP) utilizada para provocar essa variação tende a ser exaurida, o que tende a interromper o processo de maneira irreversível.

Há, portanto, necessidade de uma série de processos de transformação nos quais um sistema seja levado de volta ao seu estado inicial, ou seja, um ciclo de transformações que possa ser executado com frequência, transformando continuamente calor em trabalho.

Para o funcionamento dos ciclos térmicos, são necessárias duas fontes que possam manter suas temperaturas constantes: uma, de temperatura mais elevada (FONTE QUENTE), que é responsável pelo fornecimento de calor ao ciclo (Q_1) e outra, de temperatura mais baixa (FONTE FRIA), que retira calor do processo (Q_2) para que ocorra o retorno às condições iniciais e assim o ciclo possa ser reiniciado.

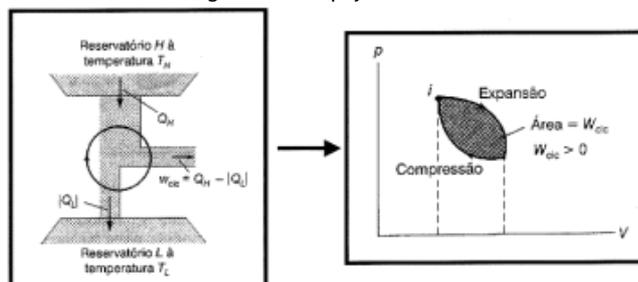
Note que a quantidade de calor (Q_2) fornecida ao ciclo só sai da fonte quente devido à existência da fonte fria. Lembre-se que a passagem espontânea de calor só ocorre do corpo de maior temperatura para o de menor.

Uma parte da energia térmica fornecida pela fonte quente (Q_1) é transformada em trabalho e a parte não transformada é rejeitada na fonte fria (Q_2). Assim sendo, o trabalho obtido a cada ciclo é facilmente calculado através da diferença entre a energia recebida (Q_1) e a energia rejeitada (Q_2).

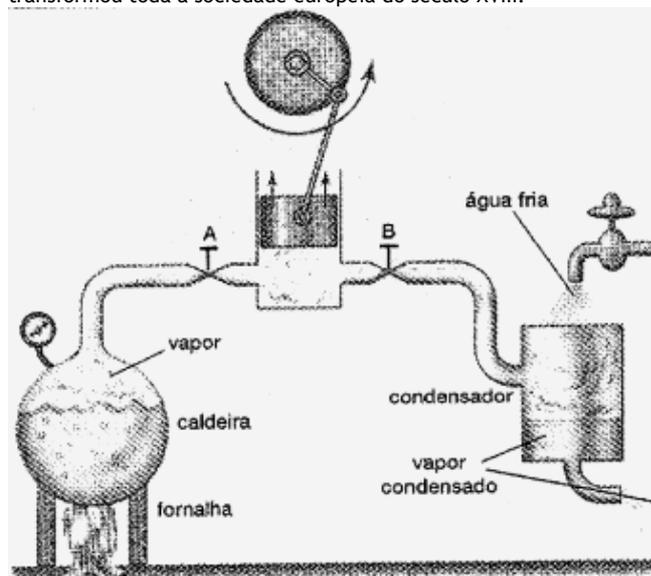
$$W = Q_1 - Q_2$$

Lembre-se de que o propósito de uma máquina térmica é fornecer trabalho mecânico continuamente ao meio externo, realizando o mesmo ciclo repetidas vezes.

Abaixo temos uma representação esquemática do funcionamento geral de uma máquina térmica que transforma calor em trabalho. Note que os ciclos térmicos devem ser percorridos no sentido horário no diagrama de Clapeyron:



Na figura que se apresenta a seguir, temos um esquema simplificado da histórica máquina a vapor de James Watt, que a princípio foi utilizada para movimentar moinhos e acionar bombas que retiravam a água acumulada em minas subterrâneas e, posteriormente, nas locomotivas e barcos a vapor. Esse princípio se tornou o ponto de partida para a revolução industrial que transformou toda a sociedade europeia do século XVIII.



O vapor formado na caldeira penetra no cilindro com alta pressão através da válvula de admissão A, e nesse momento a válvula B, ligada ao condensador, está fechada.

O pistão é empurrado para cima, transmitindo, através de um sistema biela-manivela, a energia mecânica para a rotação do dinamo.

A válvula A é então fechada e aberta a B (condensador), permitindo o escapamento do vapor para o condensador, que rouba calor através de um jato de água fria.

A perda de calor ocasiona a queda de pressão no interior do cilindro, fazendo com que o pistão retorne à posição inicial, fechando o ciclo.

RENDIMENTO DA MÁQUINA TÉRMICA

É a razão entre a energia útil fornecida (trabalho) e a energia total envolvida no processo:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Veja que, necessariamente, $Q_2 < Q_1$, ou seja, o rendimento de um motor térmico nunca é de 100%, pois apenas parte da energia fornecida pela fonte quente é convertida em trabalho; a outra parte é rejeitada na fonte fria.

A natureza tem seus desígnios e um deles é que a perfeição não existe, ou, como diria Gilberto Gil, a perfeição é apenas uma meta.

Apresentamos com destaque a seguir um dos enunciados da famosa 2ª Lei da Termodinâmica:

“É impossível a construção de qualquer dispositivo que funcione em ciclos, que tenha, como único efeito, retirar calor de um sistema e convertê-lo integralmente em trabalho.” (2º PRINCÍPIO DA TERMODINÂMICA)

EXERCÍCIOS

01 Uma certa caldeira fornece vapor correspondente a 1000kcal/s a uma turbina. Depois de passar pela turbina, o vapor cede ao condensador 800kcal/s. Considerando 1,0cal = 4,0J, determine:

- (A) a potência, em kW, produzida pela máquina;
- (B) o rendimento da máquina.

02 Uma certa máquina térmica realiza ciclos com a frequência de 5,0Hz entre duas fontes térmicas, trocando, a cada ciclo, as quantidades de calor de 150J e 200J. Pergunta-se:

- (A) Qual o rendimento da máquina?
- (B) Qual a potência útil da máquina?

03 Uma máquina térmica em funcionamento transforma em energia útil 25% do calor que ela retira da fonte quente. Sendo a potência útil da máquina igual a 800kW, pergunta-se:

- (A) Qual a quantidade de calor retirada, por segundo, da fonte quente?
- (B) Qual a quantidade de calor rejeitada, por segundo, na fonte fria?

04 Uma certa máquina térmica recebe 4000J da fonte quente a cada ciclo e funciona com o rendimento de 25%. Qual a quantidade de calor rejeitada a cada ciclo na fonte fria?

05 Cada ciclo de uma máquina térmica é realizado em 0,20s, trocando a substância trabalhante 60J com a fonte fria e 80J com a fonte quente. Determine:

- (A) a potência útil dessa máquina térmica;
- (B) o rendimento dessa máquina.

06 Em cada ciclo de uma máquina térmica, $\frac{1}{5}$ da energia fornecida é convertido em 50J de trabalho útil. Sendo 4Hz a frequência com que os ciclos são realizados, determine:

- (A) a potência útil dessa máquina térmica;
- (B) o rendimento dessa máquina;
- (C) as quantidades de calor trocadas com as fontes quente e fria.

07 Um folheto explicativo sobre uma máquina térmica afirma que ela, ao receber 1000cal de uma fonte quente, realiza 4186J de trabalho. Sabendo que 1cal equivale a 4,186J e com base nos dados fornecidos pelo folheto, você pode afirmar que esta máquina:

- (A) viola a 1ª Lei da Termodinâmica.
- (B) possui um rendimento nulo.
- (C) possui um rendimento de 10%.
- (D) viola a 2ª Lei da Termodinâmica.
- (E) funciona de acordo com o ciclo de Carnot.

08 Assinale verdadeira (V) ou falsa (F) em cada uma das afirmativas.

- () É impossível transferir energia na forma de calor de um reservatório térmico a baixa temperatura para outro com temperatura mais alta.
- () É impossível construir uma máquina térmica que, operando em ciclos, transforme em trabalho toda a energia a ela fornecida na forma de calor.
- () Em uma expansão adiabática de um gás ideal, o trabalho é realizado às custas da diminuição da energia interna do gás.
- () Em uma expansão isotérmica de um gás ideal, o trabalho é realizado às custas da diminuição da energia interna do gás.

A sequência correta é

- (A) F – V – F – V.
- (B) F – V – V – F.
- (C) F – F – V – V.
- (D) V – F – F – V.
- (E) V – F – V – F.