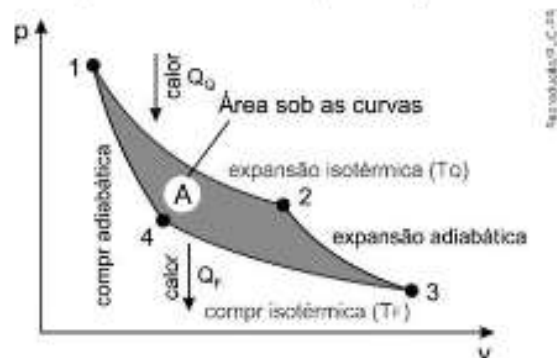


- 1** (PUC-PR) O físico e engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), em seu trabalho *Reflexões sobre a potência motriz do fogo*, concluiu que as máquinas térmicas ideais podem atingir um rendimento máximo por meio de uma sequência específica de transformações gasosas que resultam num ciclo – denominado de ciclo de Carnot, conforme ilustra a figura a seguir.



Fonte: <http://www.nspc.org.br/tema/eng/1/tema097.gif>. (adaptado)

A partir das informações do ciclo de Carnot sobre uma massa de gás, conforme mostrado no gráfico $p \times V$, analise as alternativas a seguir.

- I. Ao iniciar o ciclo (expansão isotérmica $1 \rightarrow 2$), a variação de energia interna do gás é igual a Q_0 e o trabalho é positivo ($W > 0$).
- II. Na segunda etapa do ciclo (expansão adiabática $2 \rightarrow 3$) não há troca de calor, embora o gás sofra um resfriamento, pois $\Delta U = -W$.
- III. Na compressão adiabática $4 \rightarrow 1$, última etapa do ciclo, o trabalho realizado sobre o gás corresponde à variação de energia interna dessa etapa e há um aquecimento, ou seja, $\Delta U = +W$.
- IV. O trabalho útil realizado pela máquina térmica no ciclo de Carnot é igual à área A ou, de outro modo, dado por: $\tau = Q_0 - Q_1$.
- V. O rendimento da máquina térmica ideal pode atingir até 100%, pois o calor Q_1 pode ser nulo – o que não contraria a segunda lei da Termodinâmica.

Estão **CORRETAS** apenas as alternativas:

- | | |
|-------------------------|--|
| a) I, II e IV. | I. Falsa – em um processo isotérmico, a energia interna é constante e, portanto, sua variação é nula ($\Delta U = 0$). |
| b) I, II e III. | II. Verdadeira. |
| c) II, III e IV. | III. Verdadeira. |
| d) II, III e V. | IV. Verdadeira. |
| e) III, IV e V. | V. Falsa – a segunda lei da Termodinâmica diz que é impossível construir uma máquina que obedeça ao ciclo de Carnot com um rendimento de 100%, visto que é impossível converter o calor de forma integral em trabalho. |

- 2** (UF-RGS-RS) Uma máquina térmica, representada na figura abaixo, opera na sua máxima eficiência, extraindo calor de um reservatório em temperatura $T_q = 527^\circ\text{C}$, e liberando calor para um reservatório em temperatura $T_f = 327^\circ\text{C}$.



Para realizar um trabalho (W) de 600 J, o calor absorvido deve ser de

- a) 2 400 J
- b) 1 800 J
- c) 1 581 J
- d) 967 J
- e) 800 J

O rendimento de uma máquina térmica ideal, que opera com o máximo de rendimento (Carnot) é dado por:

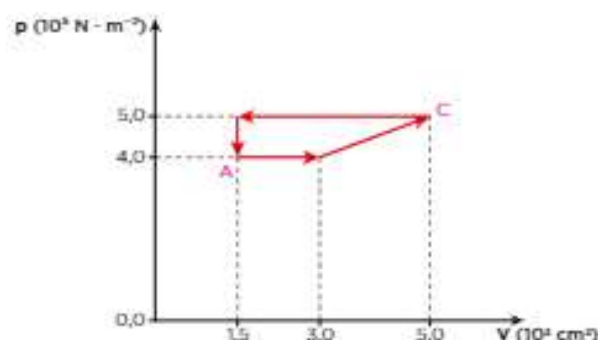
$$\eta = 1 - \frac{T_f}{T_q} \rightarrow \eta = 1 - \frac{327 + 273}{527 + 273} \rightarrow \eta = 1 - \frac{600}{800}$$

$$\therefore \eta = 0,25 \text{ ou } 25\%$$

O rendimento relaciona o trabalho e a quantidade de calor extraída da fonte quente, assim:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_e} \rightarrow 0,25 = \frac{600}{Q_e} \therefore Q_e = 2 400 \text{ J}$$

- 3** (PUC-SP) O diagrama abaixo mostra um ciclo realizado por 1 mol de um gás monoatômico ideal.



Determine, em porcentagem, o rendimento de uma máquina de Carnot que operasse entre as mesmas fontes térmicas desse ciclo.

- a) 24
- b) 35
- c) 65
- ▶ d) 76

Dado:

Constante universal dos gases ideais:

$$R = 8,0 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

Como a temperatura absoluta de um gás é diretamente proporcional ao produto $p \cdot V$, a temperatura mínima ocorre em A e a temperatura máxima ocorre em C, que são as temperaturas das fontes fria e quente, respectivamente.

A razão entre essas temperaturas é:

$$\frac{p_A V_A}{T_A} = \frac{p_C V_C}{T_C} \rightarrow \frac{4 \cdot 1,5}{T_A} = \frac{5 \cdot 5}{T_C} \rightarrow \frac{T_A}{T_C} = \frac{6}{25}$$

Assim, o rendimento de uma máquina de Carnot, operando entre esta fonte quente e esta fonte fria, é dada por:

$$\eta = 1 - \frac{T_A}{T_C} \rightarrow \eta = 1 - \frac{6}{25} \rightarrow \eta = 1 - 0,24 \therefore \eta = 0,76 \text{ ou } 76\%$$