



Módulo 9 Segunda Lei da Termodinâmica



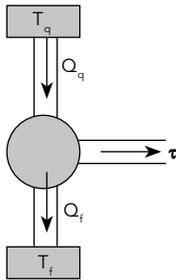
Atividades para sala

01 C

De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, é impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho.

02 D

A figura a seguir mostra o esquema de uma máquina térmica.



A máquina recebe calor da fonte quente, executa trabalho e rejeita calor para a fonte fria.

O rendimento da máquina é $\eta = \frac{\tau}{Q_q} = \frac{Q_q - Q_f}{Q_q}$.

Atuando em um ciclo de Carnot, a expressão do rendimento é $\eta = \frac{T_q - T_f}{T_q}$.

Igualando as equações, obtém-se:

$$\frac{Q_q - Q_f}{Q_q} = \frac{T_q - T_f}{T_q} \Rightarrow \frac{2400 - Q_f}{2400} = \frac{400 - 300}{400}$$

$$2400 - Q_f = \frac{2400}{4} \Rightarrow Q_f = 2400 - 600 = 1800 \text{ J} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ J}$$

03 B

O rendimento máximo ($\eta_{\text{máx.}}$) de uma máquina térmica é dado pela razão da diferença de temperatura entre as fontes quente e fria e a fonte quente.

$$\eta_{\text{máx.}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \eta = 1 - \frac{300 \text{ K}}{600 \text{ K}} = \frac{1}{2} \text{ e } \eta = \frac{4}{5} \eta_{\text{máx.}} = \frac{4}{5} \cdot \frac{1}{2} = \frac{4}{10}$$

Como:

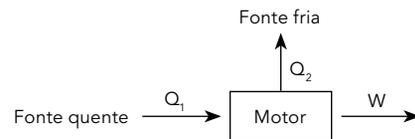
$$P_u = \eta P_r \Rightarrow P_u = \frac{4}{10} \cdot 1200 \text{ W} \Rightarrow P_u = 480 \text{ W}$$

04 E

Não é possível uma máquina térmica operar em ciclo com rendimento de 100%, transformando integralmente o calor recebido da fonte quente em trabalho. Há sempre uma parcela desse calor rejeitada para a fonte fria.

05 C

Sendo um motor térmico quente, o motor de 4 tempos opera retirando calor de uma fonte quente (Q_1), transformando parte em trabalho (W) e rejeitando parte (Q_2) para o meio ambiente, que é a fonte fria.



Dados: $T_1 = 280 \text{ °C} = 553 \text{ K}$; $T_2 = 80 \text{ °C} = 353 \text{ K}$.

Motor térmico ideal é aquele que opera com rendimento máximo, dado pelo ciclo de Carnot.

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{353}{553} \Rightarrow \eta = 36\%$$

06 C

Com rendimento de 20%, calcula-se a energia útil para cada motor, por litro de combustível:

$$E_{\text{gas}} = 0,2 \cdot 35 = 7 \text{ MJ/L}$$

$$E_{\text{et.}} = 0,2 \cdot 24 = 4,8 \text{ MJ/L}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 4,8 \text{ MJ} \rightarrow 1 \text{ L} \\ 7,0 \text{ MJ} \rightarrow V \end{array} \right\} \Rightarrow V = \frac{7,0}{4,8} \Rightarrow V = 1,46 \text{ L}$$



Atividades propostas

01 D

No ciclo apresentado, o sistema passa por uma expansão isotérmica entre os estados **a** e **b** ($a \rightarrow b$), visto que a temperatura se mantém constante.

02 B

De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, é impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, transformar integralmente calor em trabalho.

Em termos de cálculo, ela pode ser traduzida pela expressão do ciclo de Carnot, que dá o máximo rendimento (η) possível para uma máquina térmica operando em ciclos entre uma fonte quente e uma fonte fria, respectivamente, a temperaturas absolutas T_1 e T_2 :

$$\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

Para transformar integralmente calor em trabalho, o rendimento teria que ser igual a $\eta = 1$.

Nesse caso:

$$1 = 1 - \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = 0 \Rightarrow T_2 = 0 \text{ K}$$

Ou seja, a temperatura da fonte fria deveria ser zero absoluto, o que é contrassenso.

03 E

Em termos de conservação de energia (Primeira Lei da Termodinâmica), não há nenhum problema. A máquina recebeu 300 J da fonte quente, produziu um trabalho de 150 J e rejeitou 150 J para a fonte fria.

Agora, analisando em termos da Segunda Lei da Termodinâmica, primeiramente se calcula o rendimento máximo $\eta_{\text{máx.}}$, previsto para uma máquina ideal de Carnot, operando entre 400 K e 300 K:

$$\eta_{\text{máx.}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{400} = 25\%$$

Porém, para um trabalho $\tau = 150 \text{ J}$ e um calor $Q_1 = 300 \text{ J}$, retirado da fonte quente, haveria, supostamente:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} = \frac{150}{300} = 50\%$$

Conclui-se, então, que a máquina em questão estaria tendo um rendimento maior que o máximo previsto para as temperaturas consideradas, o que viola a Segunda Lei da Termodinâmica.

04 E

A variação de energia interna entre dois estados, para um sistema gasoso, é diretamente proporcional à variação de sua temperatura absoluta entre esses dois estados. No caso das transformações cíclicas, a temperatura final é sempre igual à inicial; portanto, a variação de energia interna é nula.

05 B

Em um diagrama $P \times V$ de uma transformação cíclica, a área expressa numericamente o módulo do trabalho realizado no ciclo. Como o ciclo ilustrado é anti-horário, esse trabalho é negativo, sendo, pois, realizado sobre o gás. Por ser anti-horário, esse ciclo representa o de uma máquina refrigeradora.

06 B

- a) (F) Nenhuma máquina térmica pode ter rendimento de 100%.
- b) (V) Sendo $T_1 = 37^\circ \text{C} = 310 \text{ K}$; $T_2 = 7^\circ \text{C} = 280 \text{ K}$;

$$\eta_{\text{máquina}} = 0,2 \eta_{\text{Carnot}} \text{ tem-se:}$$

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{280}{310} = 9,7\%$$

Então:

$$\eta_{\text{máquina}} = 0,2 \cdot 9,7\%$$

$$\eta_{\text{máquina}} = 1,94\%$$

- c) (F) À temperatura aproximada de 4°C , a densidade da água é máxima; portanto, as camadas mais baixas costumam estar a essa temperatura.
- d) (F) Não é possível haver um sistema cujo rendimento venha a ser de 100%, mesmo em máquinas térmicas ideais, nas quais o calor flui normalmente da fonte quente para a fonte fria.
- e) (F) A razão pela qual não é possível chegar ao rendimento de 100%, em uma máquina térmica ideal é a Segunda Lei da Termodinâmica.

07 C

- a) (F) A afirmação vale para qualquer máquina que posua, mesmo que parcialmente, a forma de energia térmica.
- b) (F) O ciclo de Carnot é idealizado, não existindo na prática.
- c) (V) A afirmação confirma a Segunda Lei da Termodinâmica.
- d) (F) Não existem ciclos de Carnot aplicados a situações reais, e, além disso, eles são definidos a partir de duas fontes térmicas.
- e) (F) Carnot viveu em uma época em que já se iniciava a Revolução Industrial, período de aceleração do progresso técnico.

08 C

Como a máquina de Carnot é a que possui rendimento máximo, tem-se, para os dados de temperatura do problema:

$$\eta_{\text{Carnot}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{300}{500} = 0,40 \text{ ou } 40\%$$

Note que a máquina A é impossível de ser construída, pois o calor fornecido é igual ao trabalho realizado.

Para a máquina B, tem-se:

$$\eta_B = \frac{\tau_B}{Q_B} = \frac{6000}{12000} = 0,50 \text{ ou } 50\%$$

Observe que ela possui o rendimento maior que a máquina ideal de Carnot, sendo, portanto, impossível de ser construída.

Para a máquina C, tem-se:

$$\eta_C = \frac{\tau_C}{Q_C} = \frac{3000}{8000} = 0,375 \text{ ou } 37,5\%$$

Como o rendimento dessa máquina é menor do que 40%, ela é possível de ser construída.

09 E

Os trechos **ab** e **cd** são isotérmicos. Já os trechos **bc** e **da** são adiabáticos. Particularmente, para o trecho **bc**, não há troca de calor e a variação da energia interna será:

$$\Delta U_{bc} = Q_{bc} - \tau_{bc} = 0 - 60 = -60 \text{ J}$$

Assim, a energia interna diminui 60 J.

10 E

- a) (F) A afirmação contraria a Segunda Lei da Termodinâmica, pois não há como o calor liberado ser totalmente convertido em trabalho.
- b) (F) Parte do calor que é produzido pelo núcleo do reator é transferido ao gerador de vapor, e este dispositivo é que faz as pás da turbina se moverem.
- c) (F) Não existe uma máquina térmica com eficiência de 100%.
- d) (F) O núcleo é que transfere calor aos outros componentes citados.
- e) (V)

11 E

O condicionador de ar é uma máquina térmica e funciona com um ciclo termodinâmico que possui quatro processos, sendo dois adiabáticos. Pela Primeira Lei da Termodinâmica, afirma-se que, em uma expansão adiabática de um gás ideal, o trabalho realizado contra a vizinhança faz diminuir a energia interna do gás, provocando um abaixamento na sua temperatura.

12 C

O texto da questão informa que, “[...] ao aquecer uma parte de um corpo macroscópico e isolá-lo termicamente, a temperatura deste se torna gradualmente uniforme, jamais se observando o contrário, o que indica a direcionalidade do tempo”.

O texto se refere à entropia de um sistema, ou melhor, ao aumento da entropia dos sistemas termodinâmicos, o que é demonstrado pela Segunda Lei da Termodinâmica, segundo a qual nunca será observado, com o passar do tempo, um acúmulo de energia térmica em apenas um ponto do corpo. Dessa forma, distribuir uniformemente a temperatura de um sistema isolado é um processo irreversível, pois ocorre espontaneamente, ao contrário do acúmulo de energia, que precisa ser um processo forçado, ou seja, requer a atuação de uma fonte de energia externa ao sistema para ocorrer.