

Lista para a tarefa de maquinas térmicas

1. (Fuvest 2015) O desenvolvimento de teorias científicas, geralmente, tem forte relação com contextos políticos, econômicos, sociais e culturais mais amplos. A evolução dos conceitos básicos da Termodinâmica ocorre, principalmente, no contexto

- a) da Idade Média.
- b) das grandes navegações.
- c) da Revolução Industrial.
- d) do período entre as duas grandes guerras mundiais.
- e) da Segunda Guerra Mundial.

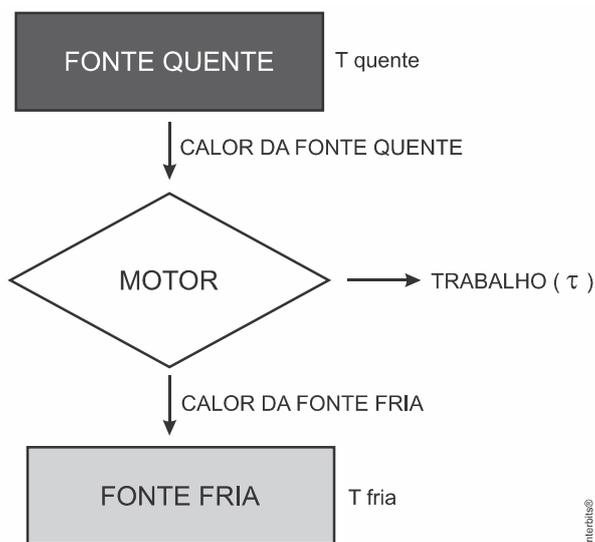
2. (Enem 2011) Um motor só poderá realizar trabalho se receber uma quantidade de energia de outro sistema. No caso, a energia armazenada no combustível é, em parte, liberada durante a combustão para que o aparelho possa funcionar. Quando o motor funciona, parte da energia convertida ou transformada na combustão não pode ser utilizada para a realização de trabalho. Isso significa dizer que há vazamento da energia em outra forma.

CARVALHO, A. X. Z. *Física Térmica*. Belo Horizonte: Pax, 2009 (adaptado).

De acordo com o texto, as transformações de energia que ocorrem durante o funcionamento do motor são decorrentes de a

- a) liberação de calor dentro do motor ser impossível.
- b) realização de trabalho pelo motor ser incontrolável.
- c) conversão integral de calor em trabalho ser impossível.
- d) transformação de energia térmica em cinética ser impossível.
- e) utilização de energia potencial do combustível ser incontrolável.

3. (Mackenzie 2020) A segunda lei da Termodinâmica afirma, em sucintas palavras, que não há a possibilidade de converter integralmente calor em trabalho. Esquemáticamente, a figura abaixo revela como funciona uma máquina térmica.



Considerando-se que o trabalho realizado nessa máquina valha 1,2 kJ e que a parte energética rejeitada para a fonte fria valha dois quintos da recebida da fonte quente, é correto afirmar que o rendimento da máquina retratada na figura e a parte energética rejeitada (em kJ) valem, respectivamente,

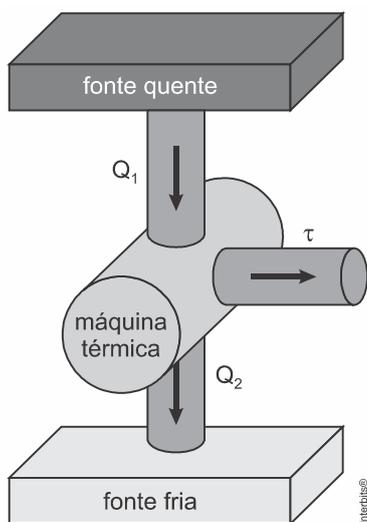
- a) 40% e 1,2
- b) 60% e 0,80
- c) 40% e 1,0
- d) 60% e 1,2
- e) 40% e 0,60

Lista para a tarefa de máquinas térmicas

4. (G1 - ifsul 2016) Durante cada ciclo, uma máquina térmica absorve 500 J de calor de um reservatório térmico, realiza trabalho e rejeita 420 J para um reservatório frio. Para cada ciclo, o trabalho realizado e o rendimento da máquina térmica são, respectivamente, iguais a

- a) 80 J e 16%
- b) 420 J e 8%
- c) 420 J e 84%
- d) 80 J e 84%

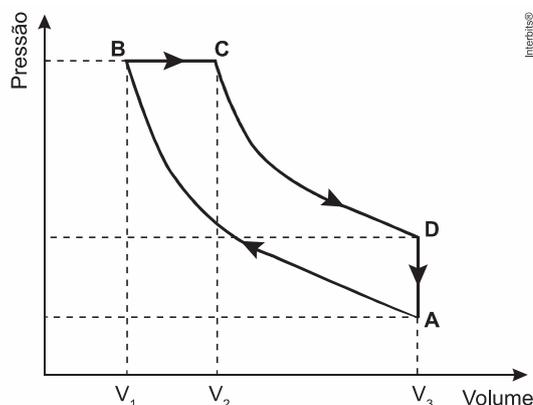
5. (Famerp 2017) A figura representa o diagrama de fluxo de energia de uma máquina térmica que, trabalhando em ciclos, retira calor (Q_1) de uma fonte quente. Parte dessa quantidade de calor é transformada em trabalho mecânico (τ) e a outra parte (Q_2) transfere-se para uma fonte fria. A cada ciclo da máquina, Q_1 e Q_2 são iguais, em módulo, respectivamente, a 4×10^3 J e $2,8 \times 10^3$ J.



Sabendo que essa máquina executa 3.000 ciclos por minuto, calcule:

- a) o rendimento dessa máquina.
- b) a potência, em watts, com que essa máquina opera.

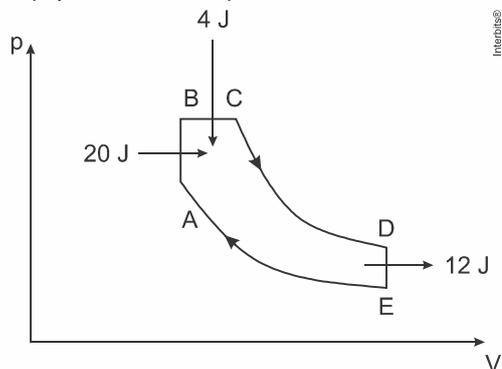
6. (Enem PPL 2017) Rudolph Diesel patenteou um motor a combustão interna de elevada eficiência, cujo ciclo está esquematizado no diagrama pressão \times volume. O ciclo Diesel é composto por quatro etapas, duas das quais são transformações adiabáticas. O motor de Diesel é caracterizado pela compressão de ar apenas, com a injeção de combustível no final.



No ciclo Diesel, o calor é absorvido em:

- $A \rightarrow B$ e $C \rightarrow D$, pois em ambos ocorre realização de trabalho.
- $A \rightarrow B$ e $B \rightarrow C$, pois em ambos ocorre elevação da temperatura.
- $C \rightarrow D$, pois representa uma expansão adiabática e o sistema realiza trabalho.
- $A \rightarrow B$, pois representa uma compressão adiabática em que ocorre elevação de temperatura.
- $B \rightarrow C$, pois representa expansão isobárica em que o sistema realiza trabalho e a temperatura se eleva.

7. (Upe-ssa 2 2018)

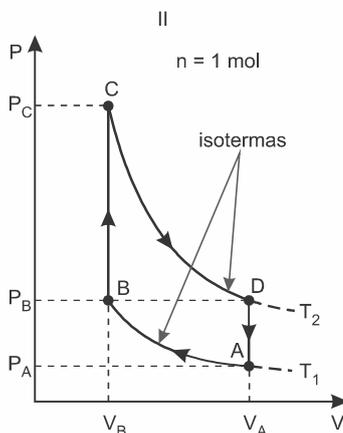
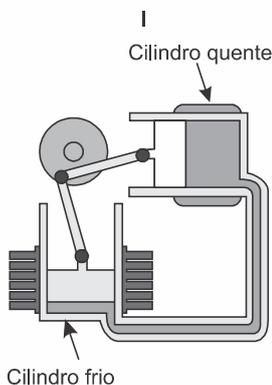


A figura ilustra os diversos processos termodinâmicos a que um gás é submetido em uma máquina térmica. Os processos AB e DE são isocóricos, EA e CD são adiabáticos, e o processo BC é isobárico. Sabendo que a substância de trabalho dessa máquina é um gás ideal, determine a seu rendimento.

- 10%
- 25%
- 35%
- 50%
- 75%

8. (Fuvest 2018) O motor Stirling, uma máquina térmica de alto rendimento, é considerado um motor ecológico, pois pode funcionar com diversas fontes energéticas. A figura I mostra esquematicamente um motor Stirling com dois cilindros. O ciclo termodinâmico de Stirling, mostrado na figura II, representa o processo em que o combustível é queimado externamente para aquecer um dos dois cilindros do motor, sendo que uma quantidade fixa de gás inerte se move entre eles, expandindo-se e contraindo-se.

Nessa figura está representado um ciclo de Stirling no diagrama $P \times V$ para um mol de gás ideal monoatômico. No estado A, a pressão é $P_A = 4 \text{ atm}$, a temperatura é $T_1 = 27^\circ \text{C}$ e o volume é V_A . A partir do estado A, o gás é comprimido isotermicamente até um terço do volume inicial, atingindo o estado B. Na isoterma T_1 , a quantidade de calor trocada é $Q_1 = 2.640 \text{ J}$, e, na isoterma T_2 , é $Q_2 = 7.910 \text{ J}$.



Determine

- a) o volume V_A , em litros;
- b) a pressão P_D , em atm, no estado D;
- c) a temperatura T_2 .

Considerando apenas as transformações em que o gás recebe calor, determine

- d) a quantidade total de calor recebido em um ciclo, Q_R , em J.

Note e adote:

Calor específico a volume constante: $C_V = 3R/2$

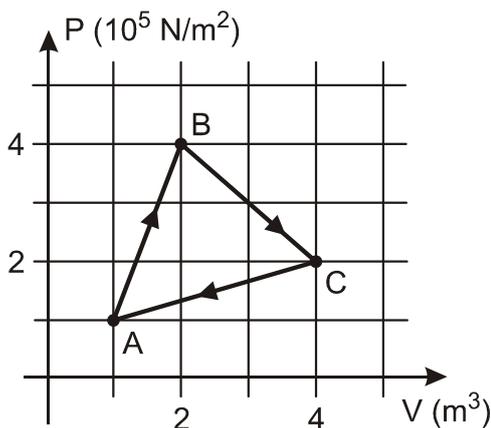
Constante universal dos gases: $R = 8 \text{ J}/(\text{mol K}) = 0,08 \text{ atm } \ell/(\text{mol K})$

$0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

$1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$

$1 \text{ m}^3 = 1.000 \ell$

9. (Ueg) Uma máquina térmica percorre o ciclo descrito pelo gráfico a seguir. A máquina absorve $6,0 \times 10^5 \text{ J}$ de energia térmica por ciclo.



Responda ao que se pede.

- a) Qual é a variação na energia interna no ciclo ABCA? Justifique.
- b) Calcule o trabalho realizado pelo motor em um ciclo.
- c) Calcule a quantidade de energia térmica transmitida à fonte fria.
- d) Calcule o rendimento dessa máquina térmica.

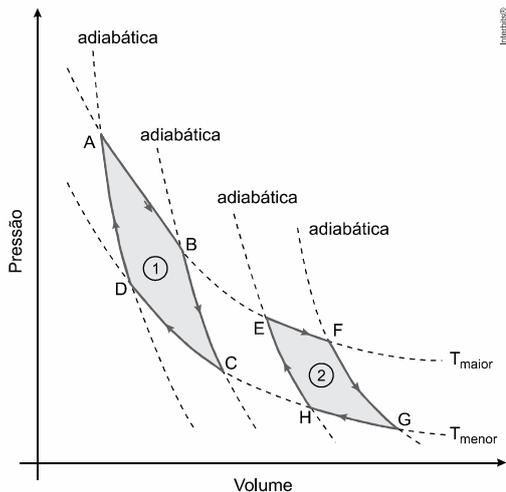
10. (Esc. Naval 2020) Uma máquina térmica realiza a cada ciclo um trabalho de $8 \times 10^2 \text{ J}$, com uma eficiência de 20%. Considerando que essa máquina opere segundo um ciclo de Carnot, com a fonte fria a uma temperatura de 300 K , qual é a temperatura da fonte quente e quanto calor é cedido para a fonte fria, respectivamente?

- a) 375 K e 3200 J
- b) 375 K e 4000 J
- c) 400 K e 3200 J
- d) 400 K e 4000 J
- e) 750 K e 4800 J

11. (Ufr 2017) Uma máquina térmica teórica ideal teve um dimensionamento tal que, a cada ciclo, ela realizaria trabalho de 50 cal e cederia 150 cal para a fonte fria. A temperatura prevista para a fonte quente seria de 127 °C. Determine:

- a) O rendimento dessa máquina térmica.
- b) A temperatura prevista para a fonte fria, em graus Celsius.

12. (Famema 2017) Duas máquinas térmicas ideais, 1 e 2, têm seus ciclos termodinâmicos representados no diagrama pressão × volume, no qual estão representadas quatro transformações isotérmicas (T_{maior} e T_{menor}) e quatro transformações adiabáticas. O ciclo ABCDA refere-se à máquina 1 e o ciclo EFGHE, à máquina 2.



Sobre essas máquinas, é correto afirmar que, a cada ciclo realizado,

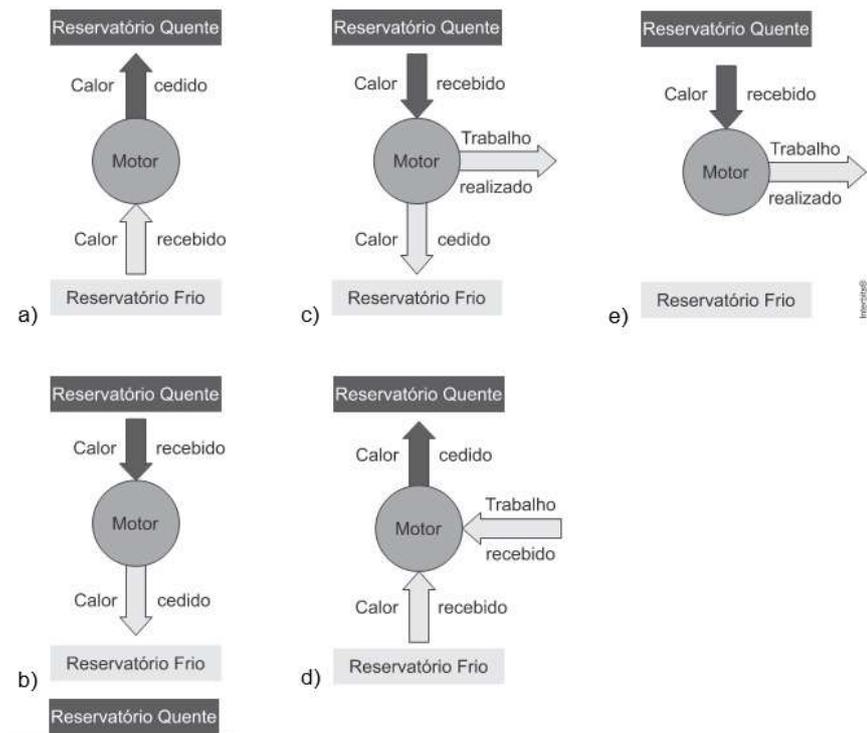
- a) o rendimento da máquina 1 é maior do que o da máquina 2.
- b) a variação de energia interna sofrida pelo gás na máquina 1 é maior do que na máquina 2.
- c) a variação de energia interna sofrida pelo gás na máquina 1 é menor do que na máquina 2.
- d) nenhuma delas transforma integralmente calor em trabalho.
- e) o rendimento da máquina 2 é maior do que o da máquina 1.

13. (Uel) Leia o texto a seguir.

"Por trás de toda cerveja gelada, há sempre um bom freezer. E por trás de todo bom freezer, há sempre um bom compressor - a peça mais importante para que qualquer sistema de refrigeração funcione bem. Popularmente conhecido como 'motor', o compressor hermético é considerado a alma de um sistema de refrigeração. A fabricação desses aparelhos requer tecnologia de ponta, e o Brasil é destaque mundial nesse segmento".

(KUGLER, H. Eficiência gelada. *Ciência Hoje*. v. 42, n. 252. set. 2008. p. 46.)

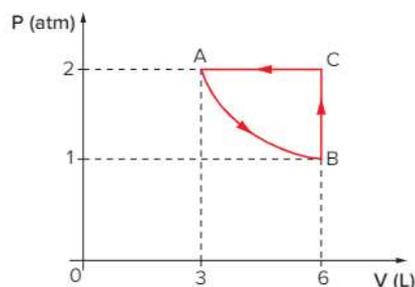
Assinale a alternativa que representa corretamente o diagrama de fluxo do refrigerador.



14. (Ufsm) Um condicionador de ar, funcionando no verão, durante certo intervalo de tempo, consome 1.600 cal de energia elétrica, retira certa quantidade de energia do ambiente que está sendo climatizado e rejeita 2.400 cal para o exterior. A eficiência desse condicionador de ar é

- a) 0,33 b) 0,50 c) 0,63 d) 1,50 e) 2,00

15. Considere um refrigerador que tem seu ciclo termodinâmico representado na figura a seguir.



Sabendo que o módulo do trabalho realizado em cada ciclo é igual a 186 J, responda:

- a) Qual é o trabalho, em joules, realizado pelo gás na transformação AB?
 b) Sabendo que em CA há uma troca de calor cujo módulo é igual a 1 500 J, obtenha a eficiência (aproximada) desse refrigerador.

Dado: 1 atm = 10⁵ Pa.

Gabarito:

Resposta da questão 1:

[C]

[Resposta do ponto de vista da disciplina de Física]

Os conceitos básicos da Termodinâmica foram alavancados a partir de 1698 com a invenção da primeira térmica, uma bomba d'água que funcionava com vapor, criada por Thomas Severy para retirar água das minas de carvão, na Inglaterra. A partir daí, essa máquina foi sendo cada vez mais aprimorada com a contribuição de vários engenheiros, inventores e construtores de instrumentos, como James Watt. Por volta de 1760, a máquina térmica já era um sucesso, tendo importante contribuição na Revolução Industrial.

[Resposta do ponto de vista da disciplina de História]

A Primeira Revolução Industrial revolucionou a maneira como se produziam as mercadorias, em especial com a criação de maquinários movidos a vapor. Na Inglaterra da década de 1770, o mercado de tecidos, os transportes (como trens e navios) e as comunicações funcionavam a partir de máquina a vapor. Logo, a termodinâmica está relacionada à Revolução Industrial.

Resposta da questão 2:

[C]

De acordo com a segunda lei da termodinâmica. **“É impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, converter integralmente calor em trabalho.**

Resposta da questão 3:

[B]

Se o calor rejeitado para a fonte fria equivale a dois quinto do calor recebido pela fonte quente, então o trabalho (τ) dado equivale a três quintos desse calor. Assim, temos como saber o calor recebido pela fonte quente (Q_1).

$$\tau = \frac{3}{5}Q_1 \Rightarrow Q_1 = \frac{5}{3}\tau = \frac{5}{3} \cdot 1,2 \text{ kJ} \therefore Q_1 = 2,0 \text{ kJ}$$

O rendimento (η) será:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \cdot 100 = \frac{1,2 \text{ kJ}}{2,0 \text{ kJ}} \cdot 100 \therefore \eta = 60\%$$

O calor rejeitado pela fonte fria (Q_2) é dado pela diferença do calor da fonte quente e o trabalho.

$$Q_2 = Q_1 - \tau = 2,0 \text{ kJ} - 1,2 \text{ kJ} \therefore Q_2 = 0,8 \text{ kJ}$$

Resposta da questão 4:

[A]

Da 1ª Lei da Termodinâmica:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Trabalho: } W = Q_{\text{quente}} - Q_{\text{fria}} = 500 - 420 \Rightarrow \boxed{W = 80 \text{ J.}} \\ \text{Rendimento: } \eta = \frac{W}{Q_{\text{quente}}} = \frac{80}{500} = 0,16 \Rightarrow \boxed{\eta = 16\%.} \end{array} \right.$$

Resposta da questão 5:

a) Pelo Teorema de Carnot, temos:

$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{2,8 \cdot 10^3}{4 \cdot 10^3}$$

$$\eta = 1 - 0,7 = 0,3$$

$$\therefore \eta = 30\%$$

b) Trabalho da máquina:

$$\tau = Q_1 - Q_2 = 4 \cdot 10^3 - 2,8 \cdot 10^3$$

$$\tau = 1,2 \cdot 10^3 \text{ J}$$

Período de um ciclo:

$$T = \frac{1}{\frac{3000}{60}} \Rightarrow T = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$$

Sendo assim, a potência com a qual a máquina opera é de:

$$P_{\text{ot}} = \frac{\tau}{T} = \frac{1,2 \cdot 10^3}{2 \cdot 10^{-2}}$$

$$\therefore P_{\text{ot}} = 6 \cdot 10^4 \text{ W}$$

Resposta da questão 6:

[E]

As transformações AB e CD são adiabáticas. Logo, não há troca de calor.

A transformação DA é um resfriamento isométrico. Logo, o gás perde calor.

Na transformação BC o gás realiza trabalho e aquece. Isso somente é possível porque o gás absorve calor.

Resposta da questão 7:

[D]

Aplicando a 1ª lei da termodinâmica:

$$W_{\text{ciclo}} + \cancel{\Delta U}_{\text{ciclo}} = Q_{\text{ciclo}} \Rightarrow W_{\text{ciclo}} = Q_{\text{ciclo}}$$

Assumindo que 20 J e 4 J sejam as quantidades de calor **absorvidas** ($Q > 0$) nos aquecimentos AB e BC, respectivamente, e que 12 J seja a quantidade de calor **cedida** ($Q < 0$) no resfriamento DE, o trabalho no ciclo é:

$$W_{\text{ciclo}} + \cancel{\Delta U}_{\text{ciclo}} = Q_{\text{ciclo}} \Rightarrow W_{\text{ciclo}} = 20 + 4 - 12 \Rightarrow \underline{W_{\text{ciclo}} = 12 \text{ J}}$$

A eficiência ou rendimento de um ciclo termodinâmico é dado pela expressão:

$$\eta = \frac{W_{\text{ciclo}}}{Q_{\text{abs}}} = \frac{12}{20 + 4} = 0,5 \Rightarrow \boxed{\eta = 50\%}$$

Resposta da questão 8:

a) Pela equação de Clayperon, temos:

$$P_A \cdot V_A = n \cdot R \cdot T_A$$

$$4 \cdot V_A = 1 \cdot 0,08 \cdot 300$$

$$\therefore V_A = 6 \text{ L}$$

b) Entre os estados A e B (com $V_B = V_A/3$ e $T_A = T_B$), temos:

$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_B \cdot V_B}{T_B}$$

$$4 \cdot 6 = P_B \cdot 6/3$$

$$\therefore P_D = P_B = 12 \text{ atm}$$

c) Entre os estados A e D (com $V_A = V_D$), temos:

$$\frac{P_A \cdot V_A}{T_A} = \frac{P_D \cdot V_D}{T_D}$$

$$\frac{4}{300} = \frac{12}{T_D}$$

$$\therefore T_D = 900 \text{ K}$$

d) Utilizando a 1ª Lei da Termodinâmica e sabendo que $\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T$, obtemos para as transformações:

De A para B :

$$Q_1 = -\tau_{AB} + \Delta U_{AB} \quad (\tau_{AB} < 0 \text{ e } \Delta U_{AB} = 0)$$

$$Q_1 = -\tau_{AB}$$

$$Q_1 = -2640 \text{ J} \quad (\text{calor cedido})$$

De B para C :

$$Q_{BC} = \tau_{BC} + \Delta U_{BC} \quad (\tau_{BC} = 0 \text{ e } \Delta U_{BC} > 0)$$

$$Q_{BC} = \Delta U_{BC} = \frac{3}{2}nR(T_C - T_B)$$

$$Q_{BC} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8 \cdot (900 - 300)$$

$$Q_{BC} = 7200 \text{ J} \quad (\text{calor recebido})$$

De C para D :

$$Q_2 = \tau_{CD} + \Delta U_{CD} \quad (\tau_{CD} > 0 \text{ e } \Delta U_{CD} = 0)$$

$$Q_2 = \tau_{CD}$$

$$Q_2 = 7910 \text{ J} \quad (\text{calor recebido})$$

De D para A :

$$Q_{DA} = \tau_{DA} + \Delta U_{DA} \quad (\tau_{DA} = 0 \text{ e } \Delta U_{DA} < 0)$$

$$Q_{DA} = \Delta U_{DA} = \frac{3}{2}nR(T_A - T_D)$$

$$Q_{DA} = \frac{3}{2} \cdot 1 \cdot 8 \cdot (300 - 900)$$

$$Q_{DA} = -7200 \text{ J} \quad (\text{calor cedido})$$

Como o problema pede apenas a quantidade de calor recebido, chegamos a:

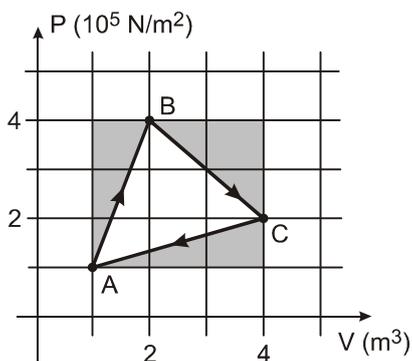
$$Q_{\text{recebido}} = Q_{BC} + Q_2 = 7200 + 7910$$

$$\therefore Q_{\text{recebido}} = 15110 \text{ J}$$

Resposta da questão 9:

a) a variação da energia interna é função exclusiva da variação da temperatura. Como se trata de um ciclo, as temperaturas final e inicial são iguais. Assim:

$$\Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U_{\text{ciclo}} = 0.$$



O trabalho é numericamente igual à área interna do ciclo. Essa área pode ser calculada fazendo a diferença entre a área do retângulo e a soma das áreas dos três triângulos destacados na figura.

$$\tau_{\text{ciclo}} = [3 \times 3] - \left(\frac{1 \times 3}{2} + \frac{1 \times 3}{2} + \frac{2 \times 2}{2} \right) \times 10^5 = 4 \times 10^5 \text{ J.}$$

Uma solução mais sofisticada poderia ser obtida lembrando a expressão da geometria analítica para o cálculo da área de um triângulo.

$$\text{b) } \tau = A_{\text{ciclo}} = \frac{1}{2} |\text{Det}| = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} 2 & 4 & 1 \\ 4 & 2 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \end{vmatrix} = 4 \times 10^5 \text{ J.}$$

c) A quantidade de calor transmitida à fonte fria (Q_2) corresponde a quantidade de calor recebida (Q_1) que não foi transformada em trabalho (τ). Então:

$$Q_2 = Q_1 - \tau = 6 \times 10^5 - 4 \times 10^5 = 2 \times 10^5 \text{ J.}$$

d) O rendimento corresponde à razão entre o trabalho realizado (energia útil) e o calor recebido (energia total).

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} = \frac{4 \times 10^5}{6 \times 10^5} = \frac{2}{3} = 0,67 \Rightarrow$$

$$\eta = 67\%.$$

Resposta da questão 10:

[A]

Temperatura da fonte quente:

$$\eta = 1 - \frac{T_F}{T_Q}$$

$$0,2 = 1 - \frac{300}{T_Q}$$

$$\frac{300}{T_Q} = 0,8$$

$$\therefore T_Q = 375 \text{ K}$$

Calor cedido para a fonte fria:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_Q}$$
$$0,2 = \frac{8 \cdot 10^2}{Q_Q}$$
$$Q_Q = 4 \cdot 10^3 \text{ J}$$
$$\frac{Q_Q}{Q_F} = \frac{T_Q}{T_F}$$
$$\frac{4 \cdot 10^3}{Q_F} = \frac{375}{300}$$
$$\therefore Q_F = 3200 \text{ J}$$

Resposta da questão 11:

a) Rendimento da máquina térmica ideal η :

Obtemos o rendimento fazendo a razão entre o trabalho realizado τ e a quantidade de calor recebido pela máquina térmica Q_1 .

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1}$$

Mas, o trabalho realizado é igual à diferença entre as quantidades de calor recebido pela fonte quente e cedido para a fonte fria:

$$\tau = Q_1 - Q_2 \Rightarrow 50 \text{ cal} = Q_1 - 150 \text{ cal} \therefore Q_1 = 200 \text{ cal}$$

E o rendimento será:

$$\eta = \frac{\tau}{Q_1} \Rightarrow \eta = \frac{50 \text{ cal}}{200 \text{ cal}} \therefore \eta = 0,25 \text{ ou } 25\%$$

b) A temperatura prevista para a fonte fria é dada pela proporcionalidade entre as quantidades de calor e as temperaturas absolutas:

$$T_1 = 127 + 273 \therefore T_1 = 400 \text{ K}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2} \Rightarrow \frac{200 \text{ cal}}{150 \text{ cal}} = \frac{400 \text{ K}}{T_2} \therefore T_2 = 300 \text{ K}$$

Em graus Celsius:

$$T_2 = 300 - 273 \therefore T_2 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$$

Resposta da questão 12:

[D]

De acordo com a segunda lei da termodinâmica, é impossível uma máquina térmica, operando em ciclos, transformar integralmente calor em trabalho.

Resposta da questão 13:

[D]

Em um sistema de refrigeração, como uma geladeira ou ar-condicionado, o trabalho é recebido para que o calor oriundo da fonte fria seja transferido para a fonte quente.

Resposta da questão 14:

[B]

Resposta da questão 15:

a) + 414 J b) 7