

Exercícios sobre 2ª Lei da Termodinâmica e máquinas

NÍVEL INICIAL

- 1) A 2ª Lei da Termodinâmica afirma que:
- c) A energia total do universo aumenta com o tempo.
- b) O calor sempre flui espontaneamente do frio para o quente.
- c) O calor só flui espontaneamente do quente para o frio.
- d) É impossível transformar calor em trabalho.
- e) Toda máquina térmica funciona com rendimento de 100%.

- 2) Uma máquina térmica realiza trabalho:
- a) Retirando calor de uma fonte fria e entregando à fonte quente.
- b) Transferindo calor apenas para a fonte fria.
- c) Recebendo calor de uma fonte quente e convertendo parte em trabalho.
- d) Transformando todo o calor recebido em trabalho.
- e) Mantendo temperatura constante entre as fontes.

- 3) Em uma máquina térmica ideal, o rendimento depende principalmente:
- a) Apenas da quantidade de trabalho produzida.
- b) Apenas da massa do gás no interior.
- c) Das temperaturas da fonte quente e da fonte fria.
- d) Do tipo de combustível usado.
- e) Da velocidade do ciclo.

- 4) O rendimento máximo teórico de uma máquina térmica é dado pelo ciclo:
- a) Otto
- b) Diesel
- c) Brayton
- d) Carnot
- e) Rankine

- 5) Uma máquina frigorífica tem como função principal:
- a) Produzir trabalho mecânico.
- b) Aumentar a temperatura interna de um ambiente.
- c) Retirar calor de um ambiente frio e rejeitá-lo em um ambiente quente.
- d) Converter calor totalmente em trabalho.
- e) Manter duas fontes em equilíbrio térmico.

- 6) A geladeira funciona graças ao princípio de:
- a) Transformar calor em trabalho.
- b) Remover calor da parte interna (fria) e jogá-lo para o ambiente externo (quente).
- c) Produzir energia térmica infinita.
- d) Permitir que o calor flua espontaneamente do frio para o quente.
- e) Aquecer o motor enquanto resfria o freezer.

- 7) No ciclo de Carnot, quanto maior for a temperatura da fonte quente (T_q) e menor a da fonte fria (T_f), o rendimento:
- a) Diminui.
- b) Torna-se negativo.
- c) Permanece igual.
- d) Aumenta.
- e) Torna-se nulo.

- 8) Uma máquina térmica tem rendimento de 30%. Isso significa que:
- a) 30% do calor recebido vira trabalho.
- b) 70% vira trabalho.
- c) Ela funciona sem perdas.
- d) Todo calor vira trabalho.
- e) Ela funciona como um refrigerador.

9) Uma máquina térmica apresenta rendimento de 20%. Se ela recebe uma quantidade total de calor de 20 kJ da fonte quente, qual a quantidade de trabalho útil dessa máquina?

- a) 4000 J.
- b) 2000 J.
- c) 1000 J.
- d) 400 J.
- e) 200 J.

10) Uma máquina que opera de acordo com o Ciclo de Carnot, possui rendimento 15%. A temperatura da fonte quente é de 600 K. Determine a temperatura da fonte fria.

- a) 210 K.
- b) 300 K.
- c) 410 K.
- d) 450 K.
- e) 510 K.

11) Uma máquina térmica opera de acordo com o Ciclo de Carnot. Se a temperatura da fonte quente vale 427°C , qual a temperatura da fonte fria? Considere que a quantidade total de calor dado ao sistema seja de 100 kJ e a quantidade de calor rejeitada seja de 80 kJ.

- a) 100°C
- b) 189°C
- c) 237°C
- d) 287°C
- e) 327°C

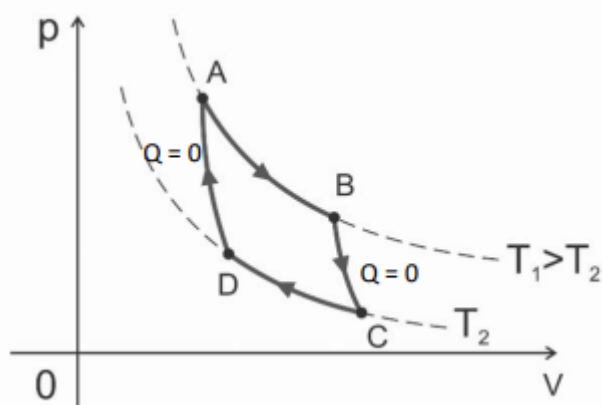
RESPOSTAS NÍVEL INICIAL:

- 1) C
- 2) C
- 3) C
- 4) D
- 5) C
- 6) B
- 7) D
- 8) A
- 9) A
- 10) E
- 11) D

NÍVEL INTERMEDIÁRIO:

1) (Concurso/Banca: FGV) Uma máquina térmica tem por finalidade transformar calor em trabalho, e para isso opera em ciclo, isto é, o processo é repetitivo, de modo que o ciclo se completa no mesmo estado térmico em que teve início.

O ciclo considerado ideal ou de maior rendimento teoricamente possível é o *Ciclo de Carnot*, representado na Figura num gráfico Pressão versus Volume, sendo Q o calor trocado e T a temperatura.



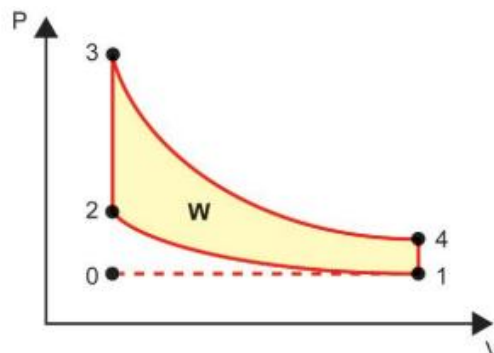
Disponível em <https://blog.stoodi.com.br/blog/quimica/ciclo-de-carnot/>.
Acesso em 06/05/2025. Adaptado.

No trecho AB ocorre uma transformação _____, enquanto no trecho BC ocorre uma transformação _____.

Em sequência, as palavras que completam corretamente essas lacunas são:

- isobárica, isotérmica.
- isobárica, adiabática.
- adiabática, isotérmica.
- isotérmica, isobárica.
- isotérmica, adiabática.

2) (ENEM) O diagrama P-V a seguir representa o ciclo de Otto para um motor de combustão interna, como os motores a gasolina ou a etanol, utilizados nos automóveis.



As etapas representadas no diagrama estão descritas no quadro.

Etapa	Processo	Descrição
I	0 a 1	Admissão isobárica da mistura ar-combustível no cilindro do motor.
II	1 a 2	Compressão adiabática da mistura.
III	2 a 3	Introdução de energia na forma de calor da combustão.
IV	3 a 4	Expansão adiabática.
V	4 a 1	Liberação de energia na forma de calor.
VI	1 a 0	Liberação dos gases resultantes da combustão.

Disponível em: www.mspc.eng.br.
Acesso em: 24 fev. 2013 (adaptado).

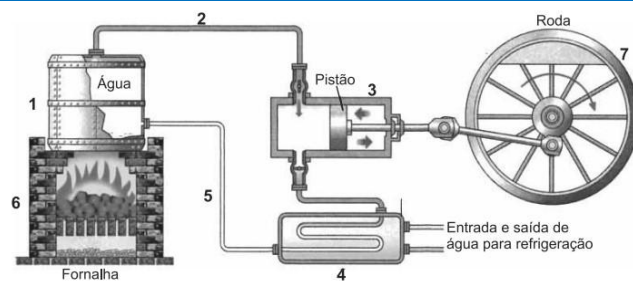
A transformação da energia térmica em energia útil ocorre na etapa

- II.
- III.
- IV.
- V.
- VI.

3) (UECE) Em um seminário de física, um professor apresentou aos alunos o conceito de transformações cíclicas em sistemas termodinâmicos. Ele explicou que, em uma transformação cíclica, um sistema retorna ao seu estado inicial definido em termos das variáveis de estado, pressão, volume e temperatura, após passar por uma série de processos termodinâmicos. Na sequência, o professor propôs um problema teórico envolvendo um motor térmico ideal, operando em ciclos, no qual o sistema realiza trabalho sobre o ambiente e troca calor com dois reservatórios térmicos, sendo um quente e o outro frio, com temperaturas T_1 e T_2 respectivamente. Com base no entendimento das transformações cíclicas e das leis da termodinâmica, assinale a afirmação verdadeira em relação ao funcionamento desse motor térmico ideal.

- a) O trabalho total realizado pelo motor em um ciclo é igual à soma dos módulos das quantidades de calor absorvido e rejeitado pelas fontes quente e fria.
- b) O rendimento do motor térmico é 100% quando o motor realiza um processo cíclico por meio de um ciclo de Carnot.
- c) O rendimento do motor térmico ideal pode ser calculado em termos das temperaturas T_1 e T_2 .
- d) Em toda transformação cíclica, o trabalho realizado ao final de cada ciclo é nulo, uma vez que o sistema retorna ao seu volume inicial.

4) (Concurso/Banca: VUNESP) As máquinas à vapor começaram a ser utilizadas no século XVII e até hoje os princípios de sua utilização continuam atuais. Seu funcionamento se baseia na queima de um combustível em uma fornalha para aquecer a água de uma caldeira. Ao entrar em ebulição a água origina vapor que, em alta pressão é conduzido a um cilindro contendo um pistão, que faz girar uma roda. Após passar pelo cilindro, o vapor é resfriado no condensador e retorna à caldeira para iniciar um novo ciclo. A ilustração a seguir representa o funcionamento de uma máquina térmica a vapor.



(<https://www.coladaweb.com/fisica/mecanica/maquina-a-vapor/> Adaptado)

Nesse ciclo de máquina térmica, transformação de energia e mudança de estado físico são observados, respectivamente, em

- a) 1 e 7.
- b) 2 e 6.
- c) 3 e 4.
- d) 5 e 7.
- e) 3 e 6.

5) (Concurso/Banca: UFCG) Considere uma máquina térmica ideal operando entre dois reservatórios de temperatura: um reservatório quente a 600 K e um reservatório frio a 300 K. De acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, assinale a alternativa **CORRETA** sobre o funcionamento dessa máquina:

- a) É possível construir uma máquina térmica que converta 100% do calor absorvido em trabalho útil.
- b) O rendimento da máquina térmica é independente das temperaturas dos reservatórios.
- c) A máquina térmica pode ter um rendimento superior a 50% se for construída com materiais ideais.
- d) O rendimento de uma máquina térmica é sempre o mesmo, independentemente das temperaturas dos reservatórios.
- e) O rendimento máximo que essa máquina térmica pode atingir é 50%.

6) (CEFET-RJ) A Segunda Lei da Termodinâmica trata da irreversibilidade de processos. Alguns dos fatores que tornam um processo irreversível são:

- a) atrito, transferência de calor com diferença finita de temperatura, mistura de duas diferentes substâncias.
- b) atrito, expansão não resistida, processo com substância única homogênea.
- c) atrito, transferência de calor com diferença infinitesimal de temperatura, processo com substância única homogênea.
- d) expansão não resistida, transferência de calor com diferença infinitesimal de temperatura, mistura de duas diferentes substâncias.
- e) expansão não resistida, transferência de calor com diferença infinitesimal de temperatura, processo com substância única homogênea.

7) (UECE) Em um motor de carro, o processo de combustão gera 300 J de energia térmica.

Deste valor, 200 J são perdidos sob a forma de calor. Qual a eficiência desse motor?

- a) 300/3.
- b) 100/3.
- c) 200/3.
- d) 500/3.

8) (UECE) Em um motor de carro convencional, a primeira transformação de energia em trabalho ocorre dentro do cilindro que aloja o pistão. De modo simplificado, pode-se entender esse sistema como um cilindro fechado contendo um êmbolo móvel, que é o pistão. Em um dado instante, a mistura entre ar e combustível sofre combustão, forçando os gases resultantes dessa queima a sofrerem expansão e movimentando o pistão ao longo do eixo do cilindro. É correto afirmar que a energia térmica contida nos gases imediatamente após a combustão é:

- a) parte transferida na forma de calor para o ambiente e parte convertida em energia cinética do pistão.
- b) totalmente transferida como calor para o ambiente.
- c) totalmente convertida em trabalho sobre o pistão.
- d) parte convertida em trabalho sobre o pistão e o restante convertido em energia cinética também do pistão.

9) (UNITAU-SP) Um motor de Carnot opera entre 600 K e 450 K, absorvendo $6,30 \cdot 10^4$ J por ciclo.

O trabalho realizado, por ciclo, e a eficiência desse motor são, respectivamente:

- a) 42750 J e 50%
- b) 37350 J e 65%
- c) 15750 J e 25%
- d) 47250 J e 75%

10) (Concurso/Banca: IFES) Uma máquina de Carnot opera nas temperaturas máxima de 307°C e mínima de 75°C . Nessas condições, o calor rejeitado é de 102 J. A temperatura de fusão da água é 0°C (273 K) e a temperatura de ebulição da água 100°C (373 K). Uma máquina real, operando com a mesma quantidade de calor fornecido pela fonte quente, apresenta rendimento de 30 %. Para essa situação, o calor rejeitado será de:

- a) 51 J
- b) 102 J
- c) 119 J
- d) 146 J
- e) 170 J

11) (UFTM) A respeito das leis da termodinâmica, analise as afirmativas.

I. Três sistemas isolados termicamente, em equilíbrio térmico entre si, podem continuar trocando calor.

II. Num sistema termicamente isolado, o trabalho realizado para levar o sistema de um estado termodinâmico inicial para um final não deve depender do caminho.

III. A primeira lei da termodinâmica, ao incluir o calor como forma de energia, consiste em uma generalização do princípio de conservação de energia.

IV. Uma máquina térmica é capaz de absorver calor de uma fonte quente e produzir uma quantidade de trabalho equivalente ao calor absorvido.

V. O calor sempre flui de um corpo mais quente para outro mais frio devido à entropia.

Estão corretas as afirmativas

- a) I, II, IV e V, apenas.
- b) I, III e V apenas.
- c) II, III e V, apenas.
- d) III e IV, apenas

12) (Concurso/Banca: FAPESP) Na indústria de alimentos, a 2ª Lei da Termodinâmica possui ampla aplicação, por exemplo, no dimensionamento de equipamentos e na definição de processos, principalmente por abordar o rendimento de máquinas térmicas. Considerando-se que uma máquina térmica, operando em ciclo termodinâmico, não é capaz de converter 100% da quantidade de calor recebido em trabalho, pode-se observar que o rendimento de um motor que recebe calor igual a 70 kJ e realiza um trabalho de 43 kJ seria de

- a) 30%.
- b) 61,4%.
- c) 35%.
- d) 62,7%.
- e) 27%.

13) (UFRGS) No bloco superior abaixo, são listadas Leis da Termodinâmica; no bloco inferior, frases que caracterizam cada uma dessas leis.

Associe adequadamente o bloco inferior ao superior.

1 - Lei Zero da Termodinâmica

2 - 1ª Lei da Termodinâmica

3 - 2ª Lei da Termodinâmica

() O calor não flui espontaneamente de uma região mais fria para uma região mais quente.

() O calor fornecido a um sistema termodinâmico é consumido na variação da energia interna deste sistema e na realização de trabalho contra forças externas que agem sobre ele.

() Se dois sistemas termodinâmicos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, então eles estão em equilíbrio térmico entre si.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- a) 1 – 2 – 3.
- b) 1 – 3 – 2.
- c) 2 – 1 – 3.
- d) 3 – 1 – 2.
- e) 3 – 2 – 1.

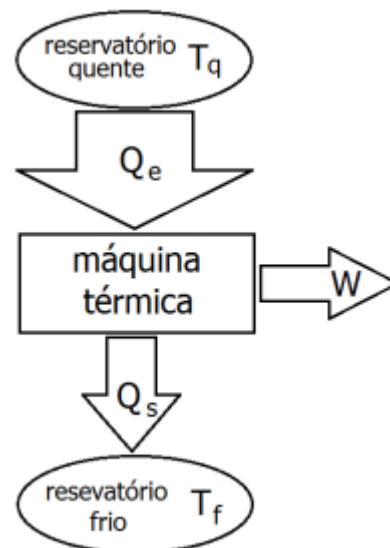
14) (UEA-AM) A máquina de Carnot é um sistema que, se pudesse ser construído, produziria o maior rendimento possível ao operar em ciclos entre duas temperaturas fixas, T_1 e T_2 , sendo T_1 a temperatura absoluta da fonte quente, de onde viria a energia térmica para seu funcionamento, e T_2 a temperatura absoluta da fonte fria, para onde seria rejeitado o calor não transformado em energia mecânica pela máquina.



Sabendo que o rendimento (η) da máquina de Carnot é calculado por $\eta = 1 - T_2/T_1$ pode-se afirmar que esse rendimento

- será de 100%, desde que T_1 seja zero kelvin.
- será de 100%, desde que T_2 seja zero graus Celsius.
- nunca será de 100%, uma vez que T_2 jamais será zero kelvin.
- será de 100%, desde que $T_2 = T_1$.
- nunca será de 100%, uma vez que T_2 jamais será zero graus Celsius.

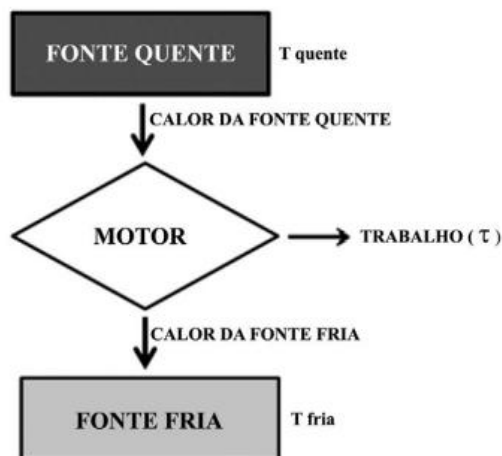
15) (UFRGS) Uma máquina térmica, representada na figura abaixo, opera na sua máxima eficiência, extraindo calor de um reservatório em temperatura $T_q = 527^\circ\text{C}$, e liberando calor para um reservatório em temperatura $T_f = 327^\circ\text{C}$.



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

- 2400 J.
- 1800 J.
- 1581 J.
- 967 J.
- 800 J.

16) (MACKENZIE-SP) 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

17) (UCPEL) Ao enchermos o pneu de uma bicicleta usando uma bomba manual, o cilindro da bomba esquenta. A razão para tal fato é que ocorre

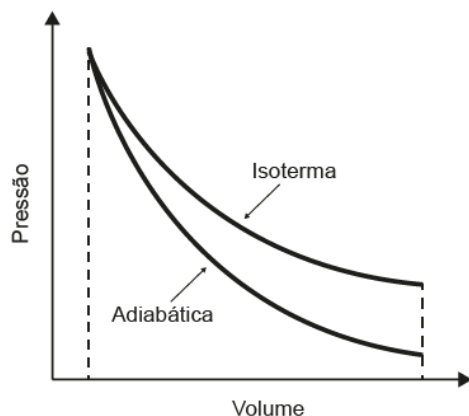
- a) uma compressão isobárica
- b) uma compressão isotérmica
- c) uma compressão adiabática
- d) uma expansão adiabática
- e) uma expansão isobárica

18) (ENEM) Até 1824 acreditava-se que as máquinas térmicas, cujos exemplos são as máquinas a vapor e os atuais motores a combustão, poderiam ter um funcionamento ideal. Sadi Carnot demonstrou a impossibilidade de uma máquina térmica, funcionando em ciclos entre duas fontes térmicas (uma quente e outra fria), obter 100% de rendimento.

Tal limitação ocorre porque essas máquinas

- a) realizam trabalho mecânico.
- b) produzem aumento da entropia.
- c) utilizam transformações adiabáticas.
- d) contrariam a lei da conservação de energia.
- e) funcionam com temperatura igual à da fonte quente

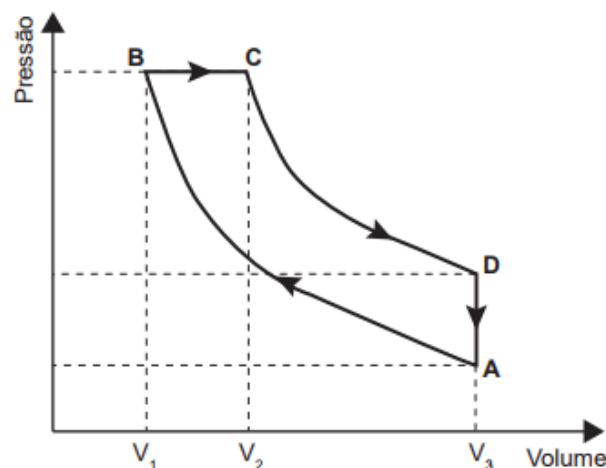
19) (ENEM) Tanto a conservação de materiais biológicos como o resfriamento de certos fotodetectores exigem baixas temperaturas que não são facilmente atingidas por refrigeradores. Uma prática comum para atingi-las é o uso de nitrogênio líquido, obtido pela expansão adiabática do gás N_2 , contido em um recipiente acoplado a um êmbolo, que resulta no resfriamento em temperaturas que chegam até seu ponto de liquefação em -196°C . A figura exibe o esboço de curvas de pressão em função do volume ocupado por uma quantidade de gás para os processos isotérmico e adiabático. As diferenças entre esses processos podem ser identificadas com base na primeira lei da termodinâmica, que associa a variação de energia interna à diferença entre o calor trocado com o meio exterior e o trabalho realizado no processo.



A expansão adiabática viabiliza o resfriamento do N_2 porque

- a entrada de calor que ocorre na expansão por causa do trabalho contribui para a diminuição da temperatura.
- a saída de calor que ocorre na expansão por causa do trabalho contribui para a diminuição da temperatura.
- a variação da energia interna é nula e o trabalho é associado diretamente ao fluxo de calor, que diminui a temperatura do sistema.
- a variação da energia interna é nula e o trabalho é associado diretamente à entrada de frio, que diminui a temperatura do sistema.
- o trabalho é associado diretamente à variação de energia interna e não há troca de calor entre o gás e o ambiente.

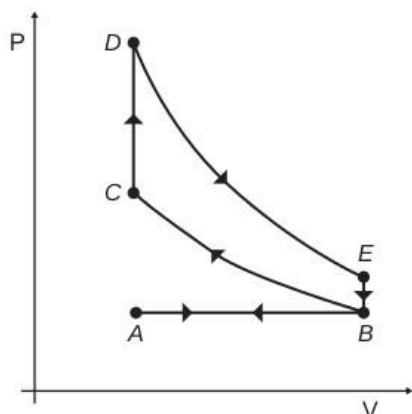
20) (ENEM) Rudolf Diesel patenteou um motor a combustão interna de elevada eficiência, cujo ciclo está esquematizado no diagrama pressão x volume. O ciclo Diesel é composto por quatro etapas, duas das quais são transformações adiabáticas. O motor de Diesel é caracterizado pela compressão de ar apenas, com a injeção do 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 da temperatura.
- $B \rightarrow C$, pois representa expansão isobárica em que o sistema realiza trabalho e a temperatura se eleva.

21) (ENEM) O motor de combustão interna, utilizado no transporte de pessoas e cargas, é uma máquina térmica cujo ciclo consiste em quatro etapas: admissão, compressão, explosão/expansão e escape. Essas etapas estão representadas no diagrama da pressão em função do volume. Nos motores a gasolina, a mistura ar/combustível entra em combustão por uma centelha elétrica



Para o motor descrito, em qual ponto do ciclo é produzida a centelha elétrica?

- a) A
- b) B
- c) C
- d) D
- e) E

22) (Concurso/Banca: INSTITUTO AOCP) Qual é a eficiência de uma máquina de Carnot trabalhando entre os pontos de congelamento (0°C) e ebulição (100°C)?

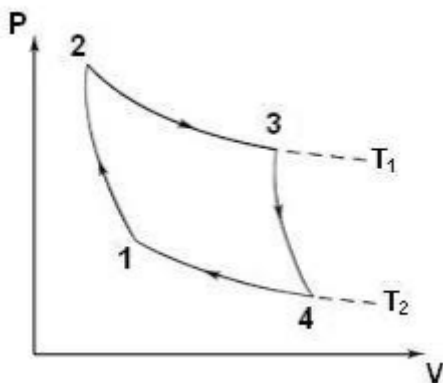
- a) 32,6%
- b) 26,8%
- c) 0,39%
- d) 8,78%
- e) 62,8%

RESPOSTAS NÍVEL INTERMEDIÁRIO:

- 1) E
- 2) C
- 3) C
- 4) C
- 5) E
- 6) A
- 7) B
- 8) A
- 9) C
- 10) C
- 11) C
- 12) B
- 13) E
- 14) C
- 15) A
- 16) B
- 17) C
- 18) B
- 19) E
- 20) E
- 21) C
- 22) B

NÍVEL AVANÇADO

1) (EEAR) O Ciclo de Carnot, proposto no século XVIII pelo físico e engenheiro Nicolas Leonard Sadi Carnot, consiste em uma sequência de transformações gasosas, na qual uma máquina térmica, operando entre duas fontes térmicas, alcança rendimento máximo se operar em um ciclo totalmente reversível, independentemente da substância utilizada. Considerando o Ciclo de Carnot para um gás ideal, assinale a alternativa correta.



- a) Entre os pontos 1 e 2 a energia interna do gás aumenta.
- b) Entre os pontos 2 e 3 o gás cede calor para a fonte fria.
- c) Entre os pontos 3 e 4 o gás rejeita calor para a fonte fria.
- d) Entre os pontos 4 e 1 o gás recebe calor da fonte quente.

2) (IME-RJ) Considere as afirmações abaixo, relativas a uma máquina térmica que executa um ciclo termodinâmico durante o qual há realização de trabalho.

Afirmação I. Se as temperaturas das fontes forem 27°C e 427°C , a máquina térmica poderá apresentar um rendimento de 40%.

Afirmação II. Se o rendimento da máquina for 40% do rendimento ideal para temperaturas das fontes iguais a 27°C e 327°C e se o calor rejeitado pela máquina for 0,8 kJ, o trabalho realizado será 1,8 kJ.

Afirmação III. Se a temperatura de uma das fontes for 727°C e se a razão entre o calor rejeitado pela máquina e o calor recebido for 0,4, a outra fonte apresentará uma temperatura de -23°C no caso de o rendimento da máquina ser 80% do rendimento ideal.

Está(ão) correta(s) a(s) seguinte(s) afirmação(ões):

- a) I, apenas.
- b) I e II, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I e III, apenas.
- e) III, apenas.

3) (ESPCEX) Considere uma máquina térmica X que executa um ciclo termodinâmico com a realização de trabalho. O rendimento dessa máquina é de 40% do rendimento de uma máquina Y que funciona segundo o ciclo de Carnot, operando entre duas fontes de calor com temperaturas de 27°C e 327°C . Durante um ciclo, o calor rejeitado pela máquina X para a fonte fria é de 500 J, então o trabalho realizado neste ciclo é de

- a) 100 J.
- b) 125 J.
- c) 200 J.
- d) 500 J.
- e) 625 J.

4) (EEAR) Considere as seguintes afirmações sobre uma máquina térmica operando segundo o ciclo de Carnot, entre duas fontes de calor, uma a 27°C e a outra a 57°C .

() O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 52% e esse rendimento é máximo, ao menos que a temperatura da fonte fria seja zero.

() O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 10% e, caso essa máquina receba 5000J de calor da fonte quente, rejeitará 1000J para a fonte fria.

() O rendimento dessa máquina é de aproximadamente 10% e, caso essa máquina receba 5000J da fonte quente, rejeitará 4500J para a fonte fria.

() O rendimento dessa máquina irá aumentar se houver aumento da diferença de temperatura entre as fontes de calor.

Atribuindo-se verdadeiro (V) ou falso (F) para cada uma das afirmações, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- a) V – F – V – F
- b) V – V – V – F
- c) F – F – V – F
- d) F – F – V – V

RESPOSTAS NÍVEL AVANÇADO:

- 1) A
- 2) D
- 3) B
- 4) D