

## 1-INTRODUÇÃO.

O princípio da conservação da energia sugere que uma forma qualquer de energia possa ser convertida em outra modalidade e isso deve ocorrer de tal modo que a energia total do sistema permaneça constante. A primeira lei da Termodinâmica é uma aplicação do princípio da conservação da energia mas que não prevê a possibilidade da não ocorrência de um determinado processo de transformação. Na realidade, nem todos os processos que obedecem a primeira lei da Termodinâmica podem ser realizados na prática.

Se, por exemplo, considerarmos um automóvel subindo uma ladeira com velocidade constante, observamos que a sua energia cinética permanece a mesma ao longo do percurso. Porém, à medida que ele sobe a ladeira a energia potencial gravitacional aumenta, em virtude da queima de combustível, o que faz com que o nível da gasolina diminua no interior do tanque. Se consideramos, agora, o automóvel descendo a ladeira com velocidade constante, observa-se uma queda da energia potencial mas que não elevaria o nível de combustível no interior do tanque. A primeira Lei da termodinamica preve que esse fenômeno seja possível mas na prática ele tem probabilidade praticamente nula de ocorrer.

## 2- SEGUNDA LEI DA TERMODINÂMICA

A segunda lei da Termodinâmica estabelece um sentido de maior probabilidade de ocorrência de um fenômeno, ou seja, ela indica o sentido preferencial de ocorrência de processos naturais. Dentre vários enunciados dessa lei vamos enfatizar aqueles que apresentam aplicações nas máquinas térmicas. O primeiro enunciado é conhecido como **ENUNCIADO DE KELVIN-PLANCK** e diz:

**“É impossível a construção de uma máquina que, operando em um ciclo termodinâmico, converta toda a quantidade de calor recebido em trabalho.”**

Este enunciado implica que, não é possível que um dispositivo térmico tenha um rendimento de 100%, ou seja, por menor que seja, sempre há uma quantidade de calor que não se transforma em trabalho efetivo.

O segundo enunciado e conhecido como **ENUNCIADO DE CLAUSIUS** e menciona:

**“O calor não pode fluir, de forma espontânea, de um corpo de temperatura menor, para um outro corpo de temperatura mais alta.”**

*Anotações*

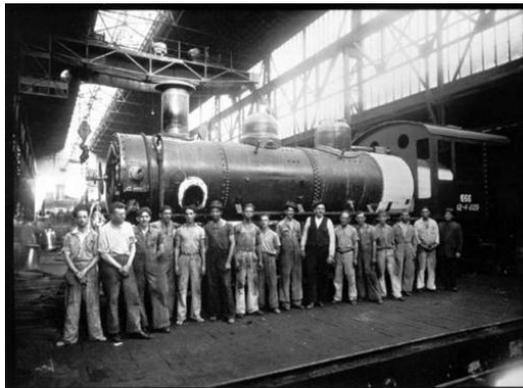


Anotações

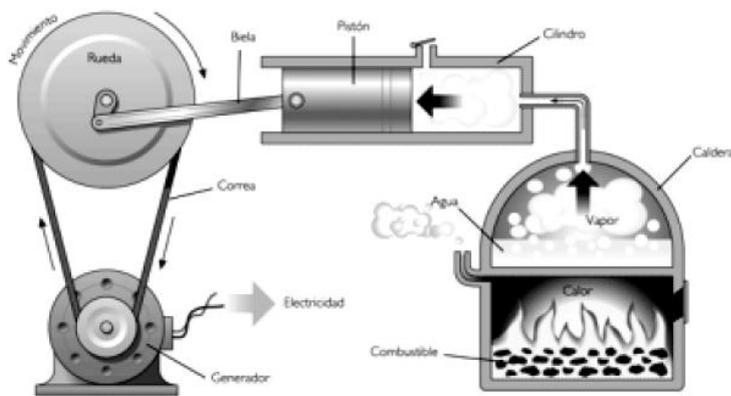
## 3- MÁQUINAS TÉRMICAS.

As máquinas térmicas são dispositivos termodinâmicos, cuja função é converter em trabalho a energia recebida de uma fonte térmica quente rejeitando parte dela a uma fonte térmica fria.

Podemos citar como exemplo de uma máquina térmica, a locomotiva a vapor que acabou sendo um símbolo da Primeira Revolução Industrial.



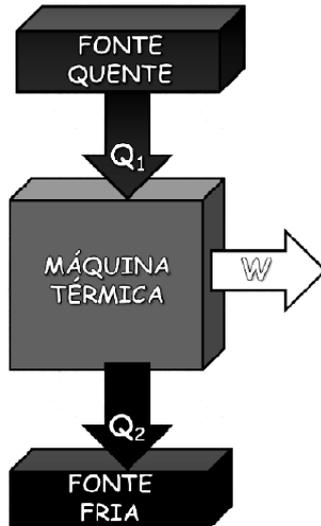
O esquema abaixo ilustra o funcionamento de uma máquina térmica a vapor que se assemelha ao funcionamento de uma locomotiva a vapor.



A máquina térmica opera sempre entre suas fontes térmicas, uma quente e outra fria. No caso de uma máquina a vapor, a fonte térmica quente é a caldeira e a fonte térmica fria é o próprio meio ambiente.

O funcionamento de uma máquina térmica pode ser representado pelo diagrama de fluxo energético esquematizado abaixo.





Neste esquema temos:

- $Q_1$  – Quantidade de calor retirada da fonte térmica quente;
- $W$  – Trabalho termodinâmico
- $Q_2$  – Quantidade de calor rejeitada à fonte térmica fria.

Aplicando-se o princípio da conservação da energia aos módulos das energia envolvidas temos que:

$$Q_1 = W + Q_2$$

E assim,

$$W = Q_1 - Q_2$$

Portanto, a energia convertida em energia útil (trabalho) corresponde a diferença entre as quantidades de energia retirada da fonte térmica quente e a energia rejeitada a fonte fria.

Chamamos de rendimento a relação entre a energia útil e a energia total recebida. Representando tal rendimento por  $\eta$ , temos que:

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

Como  $W = Q_1 - Q_2$ ,

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

Geralmente se expressa o rendimento em porcentagem e seu valor é sempre inferior a 100%.

*Anotações*

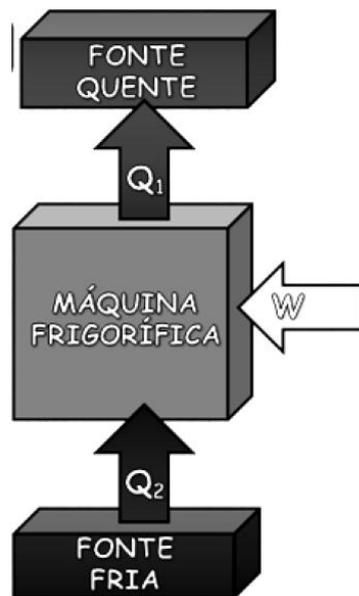


#### 4 MÁQUINAS FRIGORÍFICAS.

A máquina frigorífica é um dispositivo que, com auxílio de um trabalho externo, retira calor de uma fonte térmica fria e lança quente. A geladeira domestica e condicionador de ar são exemplos de máquinas frigoríficas.

Note que a máquina frigorífica não viola a segunda lei pois, depende de um trabalho externo, ou seja, o fluxo não é espontâneo.

O diagrama de fluxo abaixo representa o funcionamento de uma máquina frigorífica.



Para as máquinas frigoríficas faz-se a medida da eficiência  $\beta$  através da equação:

$$\beta = \frac{Q_2}{W}$$

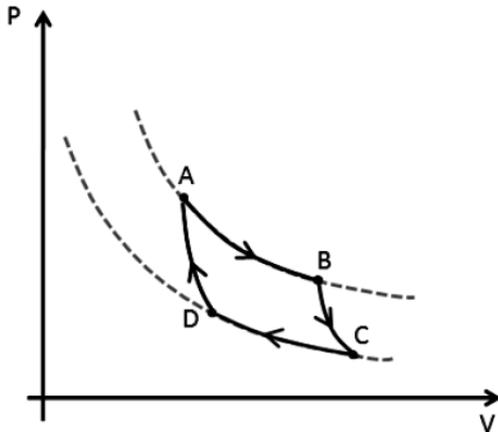
#### 5- MÁQUINA DE CARNOT.

Diante dos rendimentos obtidos para as máquinas térmicas, Sadi Carnot sepropôs a projetar uma máquina teórica que obtivesse o rendimento máximo para uma máquina térmica que opere entre duas fontes, quente e fria, de temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ .

A máquina de Carnot opera segundo quatro transformações termodinâmicas que são esquematizadas de acordo com o gráfico abaixo:

Anotações





Para esse ciclo de transformações podemos fazer o seguinte esquema:

ETAPA	DENOMINAÇÃO	ENERGIA INTERNA	COMENTÁRIO
A ⇒ B	Expansão Isotérmica	Constante	A máquina recebe calor da fonte quente e a substância de operação se expande mantendo a temperatura constante.
B ⇒ C	Expansão Adiabática	Diminui	Não há troca de calor com o meio externo
C ⇒ D	Compressão Isotérmica	Constante	A máquina rejeita calor para a fonte fria enquanto é comprimida a temperatura constante
D ⇒ A	Compressão Adiabática	Aumenta	Não há troca de calor com o meio externo

Para o ciclo de Carnot é válida a relação entre as temperaturas absolutas das fontes quente e fria e as quantidades de calor trocadas. Assim:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Dessa forma, o rendimento da máquina de Carnot é determinado através da expressão matemática:

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

Assim, define-se que o máximo rendimento de uma caso ela operasse de acordo com o ciclo de Carnot.

**COMENTÁRIOS:** ZERO ABSOLUTO / MOTOR À COMBUSTÃO E REFRIGERADORES

Anotações



## 6- ENTROPIA.

A entropia corresponde ao nível de desordem energética de um sistema. No nosso universo, os processos podem ser reversíveis ou irreversíveis. Os processos reversíveis são aqueles em que o fenômeno pode ocorrer espontaneamente nos dois sentidos já os irreversíveis, são aqueles em que a probabilidade de ocorrer em sentido contrário é praticamente nula. Tratando um sistema como fechado, tem-se que para um processo reversível a entropia de tal sistema permanece constante. Caso o processo seja irreversível, o nível de desordem aumenta.

Para um sistema aberto, a entropia pode aumentar ou diminuir. A medida da variação de entropia ( $\Delta S$ ) é definida matematicamente por:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

Onde Q é a quantidade de calor fornecida ou retirada do sistema e T é a temperatura absoluta do sistema supostamente constante.

### COMENTÁRIOS:

- MORTE TÉRMICA DO UNIVERSO

*Anotações*



## EXERCÍCIOS

Anotações

## 01 - (UCS RS)

Um recente filme que no Brasil recebeu o nome de “O Curioso Caso de Benjamin Button”, protagonizado pelo ator Brad Pitt, conta a história curiosa de um personagem que nasce velho e, à medida que o tempo passa, vai rejuvenescendo. Se pensarmos no envelhecimento humano como um processo energeticamente irreversível, qual título alternativo do filme ficaria coerente com as leis da Física?

- a) A Curiosa Obediência à Equação de Clapeyron
- b) O Extraordinário Caso da Violação da Segunda Lei de Newton
- c) O Estranho Caso de Violação da Segunda Lei da Termodinâmica
- d) O Incomum Caso de Confirmação da Primeira Lei da Termodinâmica
- e) O Intrigante Caso de Violação da Terceira Lei de Newton

## 02 - (UFV MG)

Com relação à variação de entropia  $\Delta S$  de um sistema isolado, é CORRETO afirmar que:

- a) se o processo for irreversível, então,  $\Delta S = 0$ .
- b) se o processo for reversível, então,  $\Delta S = 0$ .
- c) se o processo for reversível, então,  $\Delta S > 0$ .
- d) se o processo for irreversível, então,  $\Delta S < 0$ .

## 03 - (UEG GO)

Foi realizado o seguinte experimento em uma aula de Laboratório de Física:

Uma jarra de vidro aberta foi aquecida até que a água no seu interior fervesse. Cessando-se o aquecimento, a água parou de ferver. Posteriormente, a jarra foi tampada e em cima dela despejou-se água à temperatura ambiente. Então, observou-se que a água voltou a ferver.

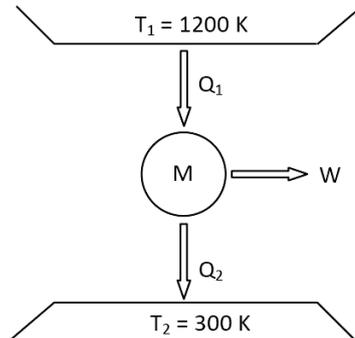
Sobre esse experimento, responda ao que se pede.

- a) Justifique o motivo que levou a água a voltar a ferver.
- b) Se esse mesmo experimento fosse realizado a uma altitude superior em relação ao anterior, a temperatura de ebulição da água aumentaria, diminuiria ou permaneceria constante? Justifique.



## 04 - (UFLA MG)

O esquema simplificado abaixo representa um motor térmico. Considere o calor absorvido do reservatório quente  $Q_1 = 4 \times 10^4$  joules a cada segundo e o rendimento desse motor igual a 40% do rendimento de um motor de CARNOT, operando entre os mesmos reservatórios  $T_1$  e  $T_2$ . Pode-se afirmar que a potência do referido motor é:



- a) 30 kW
- b) 18 kW
- c) 12 kW
- d) 16 kW

## 05 - (UEL PR)

Na parte traseira das geladeiras é onde, em geral, os fabricantes colocam uma grade preta sustentando uma serpentina da mesma cor.

Qual é o estado do fluido de refrigeração neste setor da geladeira?

- a) Líquido, alta pressão, alta temperatura.
- b) Líquido, baixa pressão, alta temperatura.
- c) Líquido, pressão atmosférica, baixa temperatura.
- d) Gás, alta pressão, baixa temperatura.
- e) Gás, pressão atmosférica, alta temperatura.

## 06 - (UEL PR)

Considere um sistema termodinâmico e analise as seguintes afirmativas.

- I. Para que a entropia decresça quando um gás ideal sofre uma expansão adiabática livre, indo de um volume  $v_1$  para um volume  $v_2$ ,  $v_2$  deve ser maior que  $v_1$ .
- II. No nível molecular, a temperatura é a grandeza que mede a energia cinética média de translação das moléculas de um gás monoatômico e a primeira lei da Termodinâmica nos permite definir a energia interna  $U$  do sistema.
- III. Um processo é irreversível, em termos termodinâmicos, graças à dissipação de sua energia e à variação positiva de sua entropia.

*Anotações*



IV. A segunda lei da Termodinâmica pode ser enunciada da seguinte forma: a entropia do universo sempre cresce (ou permanece constante, em um processo reversível).

Assinale a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

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

### 07 - (UEM PR)

Uma máquina térmica opera entre um reservatório térmico mantido à temperatura de 100 °C e outro mantido à temperatura ambiente. Em que época do ano essa máquina atingiria sua maior eficiência?

- a) Em dia típico de outono.
- b) Em dia típico de verão.
- c) Em dia típico de primavera.
- d) Em dia típico de inverno.
- e) É indiferente, a eficiência não depende da temperatura do outro reservatório.

### 08 - (UFOP MG)

Com relação à entropia e à segunda lei da termodinâmica, é incorreto afirmar:

- a) Ciclo termodinâmico é um processo em que uma máquina térmica ou um sistema termodinâmico volta a seu estado inicial.
- b) Não existe máquina térmica que transforme todo calor de uma fonte em trabalho.
- c) A diluição de uma gota de tinta em um copo de água é um exemplo de processo reversível.
- d) Em todo processo isolado irreversível, a entropia total do sistema sempre aumenta.

### 09 - (UNIFOR CE)

Uma máquina térmica, operando em ciclos, entre duas fontes a 27 °C e 327 °C, tem rendimento igual a 80% do rendimento que teria se estivesse operando segundo o ciclo de Carnot. Essa máquina retira  $5,0 \times 10^3$  cal da fonte quente em cada ciclo e realiza 10 ciclos por segundo. A potência útil que a máquina fornece, em kW, vale

Considere: 1 cal = 4 J

- a) 1,0
- b) 2,0

*Anotações*



- c) 5,0
- d) 10
- e) 80

## 10 - (UFPR)

Os estudos científicos desenvolvidos pelo engenheiro francês Nicolas Sadi Carnot (1796–1832) na tentativa de melhorar o rendimento de máquinas térmicas serviram de base para a formulação da segunda lei da termodinâmica.

Acerca do tema, considere as seguintes afirmativas:

1. O rendimento de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho realizado pela máquina num ciclo e o calor retirado do reservatório quente nesse ciclo.
2. Os refrigeradores são máquinas térmicas que transferem calor de um sistema de menor temperatura para outro a uma temperatura mais elevada.
3. É possível construir uma máquina, que opera em ciclos, cujo único efeito seja retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- b) Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- c) Somente a afirmativa 2 é verdadeira.
- d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.

## 11 - (UESPI)

Com respeito à segunda lei da Termodinâmica, assinale a alternativa incorreta.

- a) A entropia de um sistema fechado que sofre um processo irreversível sempre aumenta.
- b) A entropia de um sistema fechado que sofre um processo reversível nunca diminui.
- c) A entropia de um sistema fechado que sofre um processo cíclico pode se manter constante ou aumentar, mas nunca diminuir.
- d) A entropia de um sistema aberto que sofre um processo reversível pode diminuir.
- e) A entropia de um sistema aberto que sofre um processo cíclico nunca diminui.

## 12 - (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

*Anotações*



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

### 13 - (UNIFOR CE)

Uma máquina térmica opera segundo o ciclo de Carnot entre duas fontes térmicas cujas temperaturas são  $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $227\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Se, em cada ciclo, a máquina rejeita para a fonte fria 24 calorias, o trabalho que ela realiza, por ciclo, em calorias, vale

- a) 48
- b) 36
- c) 24
- d) 12
- e) 6,0

### 14 - (IME RJ)

Considere uma máquina térmica operando em um ciclo termodinâmico. Esta máquina recebe 300J de uma fonte quente cuja temperatura é de 400K e produz um trabalho de 150J. Ao mesmo tempo, rejeita 150J para uma fonte fria que se encontra a 300K. A análise termodinâmica da máquina térmica descrita revela que o ciclo proposto é um(a):

- a) máquina frigorífica na qual tanto a Primeira Lei quanto a Segunda Lei da termodinâmica são violadas.
- b) máquina frigorífica na qual a Primeira Lei é atendida, mas a Segunda Lei é violada.
- c) motor térmico no qual tanto a Primeira Lei quanto a Segunda Lei da termodinâmica são atendidas.
- d) motor térmico no qual a Primeira Lei é violada, mas a Segunda Lei é atendida.
- e) motor térmico no qual a Primeira Lei é atendida, mas a Segunda Lei é violada.

### 15 - (UFRN)

As máquinas térmicas transformam a energia interna de um combustível em energia mecânica. De acordo com a 2ª Lei da Termodinâmica, não é possível construir uma máquina térmica que transforme toda a energia interna do combustível em trabalho, isto é, uma máquina de rendimento igual a 1 ou equivalente a 100%.

*Anotações*



O cientista francês Sadi Carnot (1796-1832) provou que o rendimento máximo obtido por uma máquina térmica operando entre as temperaturas  $T_1$  (fonte quente) e  $T_2$  (fonte fria) é dado por

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

Com base nessas informações, é correto afirmar que o rendimento da máquina térmica não pode ser igual a 1 porque, para isso, ela deveria operar

- entre duas fontes à mesma temperatura,  $T_1=T_2$ , no zero absoluto.
- entre uma fonte quente a uma temperatura,  $T_1$ , e uma fonte fria à temperatura  $T_2 = 0^\circ \text{C}$ .
- entre duas fontes à mesma temperatura,  $T_1=T_2$ , diferente do zero absoluto.
- entre uma fonte quente a uma temperatura,  $T_1$ , e uma fonte fria à temperatura  $T_2 = 0 \text{ K}$ .

## 16 - (UFLA MG)

Um engenheiro construiu uma máquina térmica que, operando em ciclos, retira 20000 J/s de um reservatório quente a  $T_1 = 1600 \text{ K}$  e rejeita 4000 J/s para um reservatório frio a  $T_2 = 400 \text{ K}$ . A equipe técnica de uma empresa encarregada de analisar o projeto dessa máquina térmica apresentou as seguintes conclusões:

- O rendimento teórico da máquina é 80%.
- A potência teórica da referida máquina é 16000 W.
- Como o rendimento teórico de uma máquina térmica de Carnot operando nas condições acima especificadas é 75%, a máquina em questão é teoricamente inviável.

Assinale a alternativa **CORRETA**.

- Somente as conclusões I e II são corretas.
- As conclusões I, II e III estão corretas.
- Somente as conclusões II e III são corretas.
- Somente as conclusões I e III são corretas.
- Somente a conclusão II é correta.

## 17 - (UEPB)

O princípio de funcionamento das máquinas térmicas foi estabelecido pelo físico francês Nicolas Sadi Carnot (1796-1832), antes de ser enunciada a Segunda Lei da Termodinâmica. Carnot percebeu que, para uma máquina térmica funcionar, é fundamental uma diferença de temperatura entre as fontes, bem como haver uma conversão de calor em trabalho. Em relação à máquina térmica, pode-se afirmar:

- O rendimento de uma máquina térmica é a razão entre o trabalho realizado e a variação de temperatura entre as fontes fria e quente.

Anotações



- b) Um dispositivo que pode ser exemplificado como máquina térmica é o motor a álcool.
- c) Ao realizar um ciclo, uma máquina térmica que retira 3,0 Kcal de uma fonte quente e libera 2,7 Kcal para uma fonte fria, tem rendimento igual a 1%.
- d) A panela de pressão pode ser considerada como uma máquina térmica.
- e) Sendo  $Q_1 = 200$  cal e  $Q_2 = 160$  cal, as quantidades de calor retiradas e rejeitadas por uma máquina térmica, pode-se afirmar que o trabalho útil obtido por ciclo é de 40 J.

## 18 - (UEM PR)

Com base na Segunda Lei da Termodinâmica e na máquina de Carnot, assinale a alternativa correta.

- a) Uma máquina térmica bem projetada pode chegar a uma eficiência de 100%.
- b) O calor flui naturalmente da fonte fria para a fonte quente.
- c) É possível construir uma máquina térmica que converta totalmente o calor em trabalho.
- d) Quanto maior a diferença entre a temperatura da fonte fria e a temperatura da fonte quente mais eficiente é uma máquina térmica.
- e) Um refrigerador é um exemplo da máquina de Carnot, quando o ciclo segue primeiro o processo isotérmico, depois o processo adiabático e assim por diante até completar o ciclo.

## 19 - (UDESC)

A máquina de Carnot é considerada ideal porque tem o maior rendimento entre as máquinas térmicas. O ciclo termodinâmico dessa máquina, representado em um diagrama  $p \times V$ , consiste das seguintes transformações:

(a  $\rightarrow$  b)

expansão isotérmica – o sistema transforma o calor recebido da fonte quente à temperatura  $T_1$  em trabalho;

(b  $\rightarrow$  c)

expansão adiabática – o sistema realiza trabalho e sua temperatura diminui de  $T_1$  para  $T_2$ ;

(c  $\rightarrow$  d)

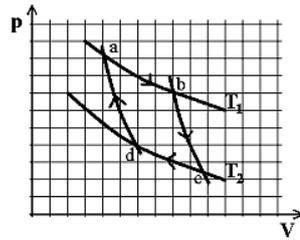
compressão isotérmica – o trabalho realizado sobre o sistema é convertido em calor, que é transferido para a fonte fria à temperatura  $T_2$ ;

(d  $\rightarrow$  a)

compressão adiabática – o trabalho realizado sobre o sistema produz um aumento de temperatura de  $T_2$  para  $T_1$ .

*Anotações*





Assinale a alternativa correta.

- A área interna do ciclo no diagrama  $p \times V$  é numericamente igual ao trabalho realizado pelo sistema.
- Durante cada transformação isotérmica a temperatura do sistema varia.
- Durante cada transformação adiabática o sistema troca calor com o meio externo.
- A cada ciclo a energia interna do sistema aumenta, na mesma quantidade do trabalho realizado.
- Como o ciclo é percorrido no sentido horário do diagrama  $p \times V$ , o sistema cede mais calor ao meio externo do que recebe.

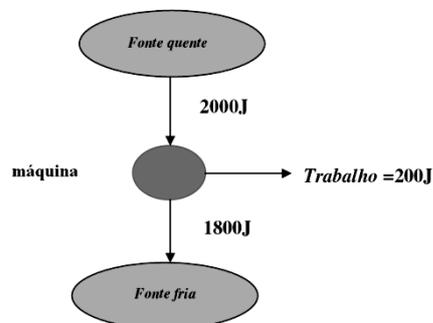
## 20 - (FURG RS)

O funcionamento dos refrigeradores se baseia no seguinte fato:

- A densidade do gelo é menor do que a da água líquida.
- A compressão de vapor liberta calor.
- Ar quente é mais rarefeito que o ar frio sob a mesma pressão.
- O calor de fusão do gelo é 80 cal/g.
- A vaporização exige calor.

## 21 - (UFPI)

Um motor de combustão foi projetado de tal forma que é capaz de realizar, em alguns ciclos, um trabalho de 200J, retirando 2000J de calor de uma fonte quente e transferindo 1800J para uma fonte fria, conforme o diagrama apresentado a seguir.



As temperaturas das fontes fria e quente valem 300K e 600K, respectivamente. Calculando a eficiência desse motor e comparando-a com a eficiência de uma

Anotações



máquina de Carnot, que opera entre essas mesmas duas fontes térmicas, podemos afirmar que a eficiência dessa máquina é de:

- a) 90% e é fisicamente impossível, pois se encontra acima da eficiência de uma máquina de Carnot;
- b) 90% e está abaixo da eficiência de uma máquina de Carnot;
- c) 20% e é fisicamente impossível, pois se encontra acima da eficiência de uma máquina de Carnot;
- d) 20% e está abaixo da eficiência de uma máquina de Carnot;
- e) 10% e está abaixo da eficiência de uma máquina de Carnot.

## 22 - (UFAM)

Um Físico, buscando economizar combustível construiu uma máquina térmica que em cada ciclo absorve 5000 Joules da fonte quente a uma temperatura de 600 K e, rejeita 3000 Joules para a fonte fria. Sabendo que a máquina térmica tem um desempenho de 80% da máquina de Carnot, a temperatura da fonte fria vale:

- a) 120 K
- b) 300 K
- c) 480 K
- d) 200 K
- e) 400 K

## 23 - (UFSCar SP)

*Inglaterra, século XVIII. Hargreaves patenteia sua máquina de fiar; Arkwright inventa a fiandeira hidráulica; James Watt introduz a importantíssima máquina a vapor. Tempos modernos!*

(C. Alencar, L. C. Ramalho e M. V. T. Ribeiro, *História da Sociedade Brasileira.*)

As máquinas a vapor, sendo máquinas térmicas reais, operam em ciclos de acordo com a segunda lei da Termodinâmica.

Sobre estas máquinas, considere as três afirmações seguintes.

- I. Quando em funcionamento, rejeitam para a fonte fria parte do calor retirado da fonte quente.
- II. No decorrer de um ciclo, a energia interna do vapor de água se mantém constante.
- III. Transformam em trabalho todo calor recebido da fonte quente.

É correto o contido apenas em

- a) I.
- b) II.
- c) III.

*Anotações*

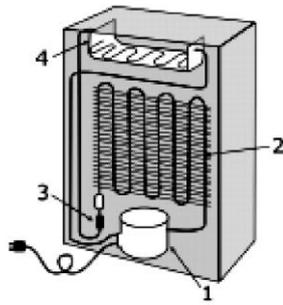


- d) I e II.
- e) II e III.

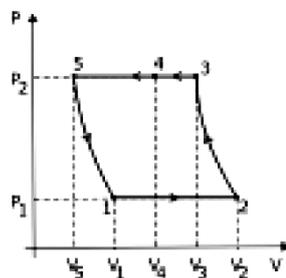
### 24 - (UEPB)

O refrigerador é uma máquina térmica que retira calor dos corpos colocados em seu interior e rejeita calor para o meio ambiente, que está a uma temperatura mais elevada que a do seu interior.

No refrigerador, entretanto, a transferência de calor não é espontânea, é oposto à “ordem natural” e, de acordo com a Segunda Lei da Termodinâmica, é um processo que só pode se efetivar com fornecimento externo de energia. Como está esquematizado na figura ao lado, o refrigerador consta de quatro componentes: (1) compressor, (2) condensador ou radiador, (3) válvula – tubo capilar e (4) congelador.



Tendo como base as informações acima, analise, nas proposições a seguir, os processos que ocorrem em cada um dos componentes da geladeira, com suas respectivas transformações gasosas, como se observa no diagrama  $P \times V$  ao lado, que representa as variações de pressão e volume para o ciclo da substância de operação (usualmente o freon) na geladeira.



- I. No compressor, devido à rapidez com que ocorre a compressão, esta pode ser considerada adiabática. A temperatura e a pressão se elevam. Como não há trocas de calor ( $Q = 0$ ), o trabalho realizado pelo compressor é equivalente à variação da energia interna da substância (2→3).

*Anotações*



II. O condensador ou radiador é a serpentina na qual o vapor se liquefaz, trocando calor com o ambiente. Inicialmente ocorre um aumento de temperatura à pressão constante (3→4), seguida de uma diminuição do volume da substância em condensação, à pressão e temperatura constantes (4→5).

III. A válvula é um tubo capilar que diminui a pressão da substância. Esta descompressão ocorre com muita rapidez, não permitindo a troca de calor com o ambiente, logo se constitui numa transformação adiabática (5→1).

IV. No congelador, a substância operante troca calor com o interior da geladeira, a pressão constante e diminuição de temperatura, expandindo-se à medida que se vaporiza (calor latente de vaporização) (1→2).

A partir da análise feita, assinale a alternativa correta:

- a) Todas as proposições são verdadeiras.
- b) Apenas as proposições III e IV são verdadeiras.
- c) Apenas as proposições I e III são verdadeiras.
- d) Apenas as proposições II e III são verdadeiras.
- e) Apenas as proposições II e IV são verdadeiras.

### 25 - (UFRN)

O refrigerador é um dos utensílios eletrodomésticos mais presentes na vida moderna. Desde sua invenção, hábitos de consumo vêm se modificando, em grande parte, devido a sua capacidade de armazenar alimentos por longos períodos. Sendo uma máquina térmica, um refrigerador opera em ciclos. Na figura abaixo, está ilustrado, num diagrama T-S, o ciclo (dcbad) realizado por um refrigerador de Carnot. Imagine um refrigerador operando nesse ciclo, com temperatura interna  $T_2 = -3\text{ °C}$  (270K) num ambiente à temperatura  $T_1 = 27\text{ °C}$  (300K).

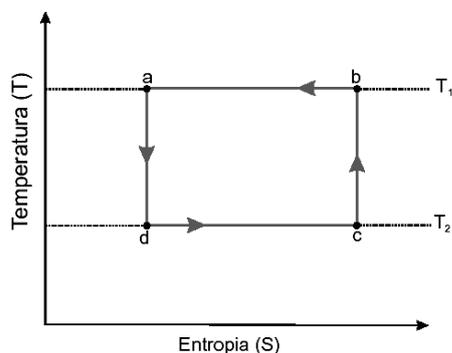


Diagrama T-S para um refrigerador de Carnot operando entre as temperaturas  $T_1$  e  $T_2$ .

Admita que, em cada ciclo, uma quantidade de energia (calor)  $Q_2 = 270\text{ J}$  é retirada do interior desse refrigerador.

*Anotações*



Para esse ciclo, considere:

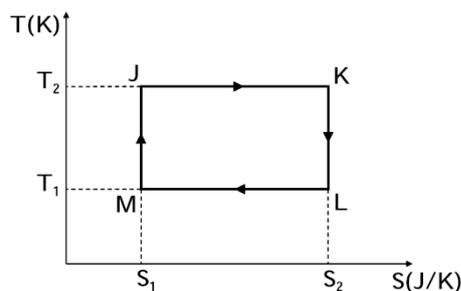
- a variação de entropia ( $\Delta S$ ) dada por  $\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}$ , sendo  $\Delta Q$  a energia (calor) e  $T$  a temperatura;
- o coeficiente de performance ( $e$ ) é dado por  $e = \frac{|Q_2|}{|W|}$ , sendo  $W$  o trabalho fornecido para que o refrigerador funcione.

Com base no exposto, atenda às solicitações abaixo.

- Determine a variação de entropia em um ciclo.
- Calcule a quantidade de energia (calor)  $Q_1$  liberada para o ambiente em cada ciclo.
- Obtenha o coeficiente de performance ( $e$ ) desse refrigerador.

### 26 - (ITA SP)

Uma máquina térmica opera segundo o ciclo JKLMJ mostrado no diagrama T-S da figura.



Pode-se afirmar que

- o processo JK corresponde a uma compressão isotérmica.
- o trabalho realizado pela máquina em um ciclo é  $W = (T_2 - T_1)(S_2 - S_1)$ .
- o rendimento da máquina é dado por  $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ .
- durante o processo LM uma quantidade de calor  $Q_{LM} = T_1(S_2 - S_1)$  é absorvida pelo sistema.
- outra máquina térmica que opere entre  $T_2$  e  $T_1$  poderia eventualmente possuir um rendimento maior que a desta.

### 27 - (UESPI)

A afirmação “é impossível transformar completamente calor em trabalho, com nenhuma outra mudança ocorrendo no ambiente” diz respeito à:

- lei zero da Termodinâmica.

Anotações



- b) primeira lei da Termodinâmica.
- c) segunda lei da Termodinâmica.
- d) terceira lei da Termodinâmica.
- e) quarta lei da Termodinâmica.

## 28 - (UEL PR)

O rendimento ou eficiência de uma máquina térmica ideal é calculado por meio da equação

$$\eta = \frac{T_{\text{quente}} - T_{\text{fria}}}{T_{\text{quente}}}$$

onde  $T_{\text{quente}}$  e  $T_{\text{fria}}$  representam as temperaturas mais alta (combustão) e mais baixa (próxima à temperatura ambiente) de um motor térmico em um ciclo fechado e são expressas em unidades Kelvin.

Em relação a um motor preparado para usar tanto o óleo diesel convencional quanto o óleo diesel feito com gordura de frango (biodiesel) conforme se lê na questão 54, considere as afirmativas.

- I. A temperatura mais alta a que estará submetido o motor será igual à da fervura da gordura de frango, que é muito menor do que a temperatura do óleo diesel convencional e, portanto, com um rendimento maior.
- II. A equação apresentada descreve o rendimento de uma máquina ideal, podendo ser utilizada para analisar o rendimento de máquinas reais.
- III. O rendimento de um motor independe do tipo de combustível usado; depende apenas das temperaturas mais alta e mais baixa a que está submetido.
- IV. O rendimento de qualquer máquina térmica, que pode ser calculado pela equação apresentada no enunciado, é inferior a 100%.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- c) Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

## TEXTO: 1 - Comum à questão: 29

Texto X

*Anotações*



A conservação de alimentos é a arte de mantê-los o mais estáveis possível em suas características físicas, químicas e biológicas. Existem vários métodos para isso, entre eles, a conservação pelo frio, a irradiação e o uso de conservantes químicos.



Figura 4  
(WARHOL, A. *Campbell's Soup I*. 1968.  
Disponível em: <edu.warhol.org/>  
Acesso em: 6 jul. 2008.)



Figura 5  
(POPEYE. Disponível em:  
<www.adrenaline.com.br/>  
Acesso em: 15 jun. 2008.)

Anotações

## 29 - (UEL PR)

A conservação de alimentos pelo frio é uma das técnicas mais utilizadas no dia-a-dia, podendo ocorrer pelos processos de refrigeração ou de congelamento, conforme o tipo de alimento e o tempo de conservação desejado.

Sobre os refrigeradores, considere as afirmativas.

- I. O refrigerador é uma máquina que transfere calor.
- II. O funcionamento do refrigerador envolve os ciclos de evaporação e de condensação do gás refrigerante.
- III. O gás refrigerante é uma substância com baixo calor latente de vaporização.
- IV. O processo de refrigeração realiza trabalho ao retirar calor da fonte fria e transferi-lo para a fonte quente.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e III são corretas.
- c) Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- d) Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
- e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

TEXTO: 2 - Comum à questão: 30



### DADOS

Pressão Atmosférica	$1,0 \times 10^5$ Pa
Densidade da Água	$1,0 \times 10^3$ kg/m <sup>3</sup>
Aceleração da Gravidade	10 m/s <sup>2</sup>
Massa da Terra	$6,0 \times 10^{24}$ kg
Distância média Terra - Sol	$1,5 \times 10^{11}$ m
Constante Gravitacional	$7,0 \times 10^{-11}$ N.m <sup>2</sup> /kg <sup>2</sup>
$\pi$	3
Velocidade da luz no vácuo	$3,0 \times 10^8$ m/s
Velocidade do som no ar	$3,4 \times 10^2$ m/s

### 30 - (UFCG PB)

Encontrou-se um projeto muito antigo de uma máquina térmica. Segundo suas especificações, após a “tradução” para a linguagem contemporânea da Física, a energia fornecida à máquina, por calor, era de 7,0 kJ vinda de uma fonte a 400K e a energia rejeitada para uma fonte fria a 300K era de 4,2 kJ.

Em relação ao projeto foram feitas três afirmações:

- I. O rendimento da máquina é de 60%.
- II. A máquina pode ser construída, pois a quantidade de energia transferida para a fonte fria é menor do que a energia recebida da fonte quente.
- III. A máquina não pode ser construída, pois viola o Segundo Princípio da Termodinâmica.

Em relação ao valor de verdade das afirmativas, a opção correta é

- a) todas as afirmativas estão corretas.
- b) as afirmativas II e III são falsas.
- c) a afirmativa III está correta.
- d) as afirmativas I e II estão corretas.
- e) todas as afirmativas são falsas.

### TEXTO: 3 - Comum à questão: 31

Informações:

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Densidade da água: } 1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Calor latente de fusão do gelo: } 10^5 \text{ cal/kg.}$$

$$\pi = 3$$

*Anotações*



## Anotações

### 31 - (UFCG PB)

A vida na Terra começou com seres vivos unicelulares e, com o passar do tempo, foi se complexificando, tornando-se mais organizada. Considerando o ambiente em que a vida se desenvolveu na Terra como um sistema aberto, foram feitas algumas afirmativas no âmbito da Termodinâmica:

- I. O desenvolvimento da vida na Terra exige uma revisão do Segundo Princípio da Termodinâmica, pois em qualquer sistema aberto a entropia sempre aumenta.
- II. O desenvolvimento da vida na Terra está de acordo com o Segundo Princípio da Termodinâmica, pois em qualquer sistema aberto a entropia sempre diminui.
- III. A auto-organização dos seres vivos contribui necessariamente para o aumento da entropia do resto do universo.

Em relação ao valor de verdade das afirmativas, é correto afirmar que

- a) todas as afirmativas são verdadeiras.
- b) somente as afirmativas I e III são falsas.
- c) as afirmativas I e II são verdadeiras.
- d) apenas a afirmativa II é falsa.
- e) apenas a afirmativa III é verdadeira.

### TEXTO: 4 - Comum à questão: 32

A Revolução Industrial consistiu em um conjunto de mudanças tecnológicas com profundo impacto no processo produtivo em nível econômico e social. Iniciada na Inglaterra em meados do século XVIII, expandiu-se pelo mundo a partir do século XIX. James Hargreaves, 1764, na Grã-Bretanha, inventa a fiadora "*spinning Jenny*", uma máquina de fiar rotativa que permitia a um único artesão fiar oito fios de uma só vez.; James Watt, 1768, inventa a máquina a vapor; Gottlieb Daimler, 1885, inventou um motor a explosão etc.

### 32 - (UEPB)

Acerca do assunto tratado no texto I, em relação às máquinas térmicas, de acordo com a segunda lei da Termodinâmica, podemos afirmar:

- I. Nenhuma máquina térmica operando em ciclos pode retirar calor de uma fonte e transformá-lo integralmente em trabalho.



II. A segunda lei da Termodinâmica se aplica aos refrigeradores, porque esses transferem calor da fonte fria para a fonte quente.

III. O rendimento de uma máquina térmica que opera em ciclos pode ser de 100%.

Após a análise feita, verifica-se que é(são) correta(s) apenas a(s) proposição(ões)

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

**TEXTO: 5 - Comum à questão: 33**

### Equipe de cientistas descobre o primeiro exoplaneta habitável

O primeiro exoplaneta habitável foi encontrado depois de observações que duraram 11 anos, utilizando uma mistura de técnicas avançadas e telescópios convencionais. A equipe descobriu mais dois exoplanetas orbitando em volta da estrela Gliese 581.

O mais interessante dos dois exoplanetas descobertos é o Gliese 581g, com uma massa três vezes superior à da Terra e um período orbital (tempo que o planeta leva para dar uma volta completa em torno de sua estrela) inferior a 37 dias. O raio da órbita do Gliese 581g é igual a 20% do raio da órbita da Terra, enquanto sua velocidade orbital é 50% maior que a velocidade orbital da Terra. O Gliese 581g está “preso” à estrela, o que significa que um lado do planeta recebe luz constantemente, enquanto o outro é de perpétua escuridão. A zona mais habitável na superfície do exoplaneta seria a linha entre a sombra e a luz, com temperaturas caindo em direção à sombra e subindo em direção à luz. A temperatura média varia entre  $-31^{\circ}\text{C}$  e  $-12^{\circ}\text{C}$ , mas as temperaturas reais podem ser muito maiores na região de frente para a estrela (até  $70^{\circ}\text{C}$ ) e muito menores na região contrária (até  $-40^{\circ}\text{C}$ ). A gravidade no Gliese 581g é semelhante à da Terra, o que significa que um ser humano conseguiria andar sem dificuldades.

Os cientistas acreditam que o número de exoplanetas potencialmente habitáveis na Via Láctea pode chegar a 20%, dada a facilidade com que Gliese 581g foi descoberto. Se fossem raros, dizem os astrônomos, eles não teriam encontrado um tão rápido e tão próximo. No entanto, ainda vai demorar muito até que o homem consiga sair da Terra e comece a colonizar outros planetas fora do sistema solar.

*Anotações*



Texto adaptado de artigo da Revista VEJA, Edição 2185, ano 43, n 40 de 06 de outubro de 2010.

*Anotações*

### 33 - (UFT TO)

Suponha que uma máquina de Carnot seja construída utilizando como fonte fria o lado do planeta Gliese 581g que nunca recebe luz e como fonte quente o lado que sempre recebe luz. A temperatura da fonte fria  $T_f = -40^\circ\text{C}$  e da fonte quente  $T_q = 70^\circ\text{C}$ . A cada ciclo a máquina retira da fonte quente 1000J de calor.

Considerando que a máquina trabalha com um gás ideal, leia os itens abaixo:

- I. A máquina pode ser representada por um ciclo com duas transformações adiabáticas reversíveis e duas transformações isotérmicas reversíveis.
- II. Se o ciclo desta máquina consiste de uma expansão isotérmica, uma expansão adiabática, uma compressão isotérmica e uma compressão adiabática, respectivamente, então ocorre transformação de calor em trabalho útil.
- III. O rendimento da máquina é maior do que 40%.
- IV. A cada ciclo uma quantidade de calor maior que 700J é rejeitada para a fonte fria.

Marque a opção CORRETA:

- a) I e III são verdadeiras
- b) I e II são verdadeiras
- c) I e IV são verdadeiras
- d) III e IV são verdadeiras
- e) II e IV são verdadeiras



## GABARITO:

1) Gab: C; 2) Gab: B; 3) Gab: a) Quando despejou-se a água com temperatura ambiente, na jarra fechada, fez-se a pressão interna do recipiente diminuir e, assim, abaixou-se o ponto de ebulição da água em alguns graus, fazendo-a ferver novamente.

b) A uma altitude superior, a pressão atmosférica seria menor; assim, a temperatura de ebulição da água iria diminuir.

4) Gab: C ; 5) Gab: A; 6) Gab: E; 7) Gab: D; 8) Gab: C; 9) Gab: E; 10) Gab: D

11) Gab: C; 12) Gab: B ;13) Gab: C; 14) Gab: E ;15) Gab: D ;16) Gab: B; 17) Gab: B; 18) Gab: D; 19) Gab: A ;20) Gab: E; 21) Gab: E ;22) Gab: B; 23) Gab: A; 24)

Gab: C; 25) Gab: a)  $\Delta S = 0$  ; b)  $Q_1 = 300J$  ; c)  $e = \frac{270}{30} = 9$

26) Gab: B    27) Gab: C    28) Gab: E    29) Gab: D    30) Gab: C

31) Gab: E    32) Gab: E    33) Gab: B

*Anotações*

