**Frente 03**: Primeira Lei da Termodinâmica e máquinas térmicas

1**.** (Esc. Naval 2017) Analise o gráfico a seguir.



O gráfico acima representa um gás ideal descrevendo um ciclo  em um diagrama  Esse ciclo consiste em uma transformação isotérmica seguida de uma transformação isocórica e uma isobárica.

Em um diagrama  qual gráfico pode representar o mesmo ciclo 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

2**.** (Unesp) Um gás ideal, confinado no interior de um pistão com êmbolo móvel, é submetido a uma transformação na qual seu volume é reduzido à quarta parte do seu volume inicial, em um intervalo de tempo muito curto. Tratando-se de uma transformação muito rápida, não há tempo para a troca de calor entre o gás e o meio exterior. Pode-se afirmar que a transformação é

a) isobárica, e a temperatura final do gás é maior que a inicial.

b) isotérmica, e a pressão final do gás é maior que a inicial.

c) adiabática, e a temperatura final do gás é maior que a inicial.

d) isobárica, e a energia interna final do gás é menor que a inicial.

e) adiabática, e a energia interna final do gás é menor que a inicial.

3**.** (Acafe 2017) Considere o caso abaixo e responda: Qual é a transformação sofrida pelo gás ao sair do spray?

**

*As pessoas com asma, geralmente, utilizam broncodilatadores em forma de spray ou mais conhecidos como bombinhas de asma. Esses, por sua vez, precisam ser agitados antes da inalação para que a medicação seja diluída nos gases do aerossol, garantindo sua homogeneidade e uniformidade na hora da aplicação.*

*Podemos considerar o gás que sai do aerossol como sendo um gás ideal, logo, sofre certa transformação em sua saída.*

a) O gás sofre uma compressão adiabática.

b) O gás sofre uma expansão adiabática.

c) O gás sofre uma expansão isotérmica.

d) O gás sofre uma compressão isotérmica.

4**.** (Unesp) Um gás ideal é submetido às transformações AB, BC, CD e DA, indicadas no diagrama PxV apresentado na figura.



Com base nesse gráfico, analise as afirmações.

I. Durante a transformação AB, a energia interna se mantém inalterada.

II. A temperatura na transformação CD é menor do que a temperatura na transformação AB.

III.Na transformação DA, a variação de energia interna é igual ao calor absorvido pelo gás.

a) I e II, apenas.

b) III, apenas.

c) I e III, apenas.

d) II e III, apenas.

e) I, II e III.

5**.** (Unifesp) A figura representa uma amostra de um gás, suposto ideal, contida dentro de um cilindro. As paredes laterais e o êmbolo são adiabáticos; a base é diatérmica e está apoiada em uma fonte de calor.



Considere duas situações:

I. o êmbolo pode mover-se livremente, permitindo que o gás se expanda à pressão constante;

II. o êmbolo é fixo, mantendo o gás a volume constante.

Suponha que nas duas situações a mesma quantidade de calor é fornecida a esse gás, por meio dessa fonte. Pode-se afirmar que a temperatura desse gás vai aumentar

a) igualmente em ambas as situações.

b) mais em I do que em II.

c) mais em II do que em I.

d) em I, mas se mantém constante em II.

e) em II, mas se mantém constante em I.

6**.** (Fuvest) Um recipiente cilíndrico contém 1,5L (litro) de água à temperatura de 40°C. Uma tampa, colocada sobre a superfície da água, veda o líquido e pode se deslocar verticalmente sem atrito. Um aquecedor elétrico E, de 1800W, fornece calor à água. O sistema está isolado termicamente de forma que o calor fornecido à água não se transfere ao recipiente. Devido ao peso da tampa e à pressão atmosférica externa, a pressão sobre a superfície da água permanece com o valor P0=1,00×105Pa. Ligando-se o aquecedor, a água esquenta até atingir, depois de um intervalo de tempo tA, a temperatura de ebulição (100°C). A seguir a água passa a evaporar, preenchendo a região entre a superfície da água e a tampa, até que, depois de mais um intervalo de tempo tB, o aquecedor é desligado. Neste processo, 0,27mol de água passou ao estado de vapor.



NOTE/ADOTE 1Pa = 1 pascal = 1N/m2

Massa de 1mol de água: 18 gramas

Massa específica da água: 1,0kg/L

Calor específico da água: 4.000J/(°C . kg)

Na temperatura de 100°C e à pressão de 1,00×105Pa, 1 mol de vapor de água ocupa 30L e o calor de vaporização da água vale 40.000J/mol.

Determine

a) o intervalo de tempo tA, em segundos, necessário para levar a água até a ebulição.

b) o intervalo de tempo tB, em segundos, necessário para evaporar 0,27mol de água.

c) o trabalho ô, em joules, realizado pelo vapor de água durante o processo de ebulição.

7**.** (Unicamp 2019) Nas proximidades do Sol, a Sonda Solar Parker estará exposta a altas intensidades de radiação e a altas temperaturas. Diversos dispositivos serão usados para evitar o aquecimento excessivo dos equipamentos a bordo da sonda, entre eles um sistema de refrigeração. Um refrigerador opera através da execução de ciclos termodinâmicos.

a) Considere o ciclo termodinâmico representado abaixo para um gás ideal, em que  e  Calcule a temperatura 

b) A partir do gráfico, estime o módulo do trabalho realizado sobre o gás em um ciclo, em termos apenas de e 



8**.** (Uel 2017) Considere o diagrama  da figura a seguir.



O ciclo fechado ao longo do percurso  é denominado ciclo Otto e representa o modelo idealizado dos processos termodinâmicos que ocorrem durante o funcionamento de um motor a gasolina. O calor recebido pelo motor, dado por  é fornecido pela queima da gasolina no interior do motor.  representa o trabalho realizado pelo motor em cada ciclo de operação, e  é o calor rejeitado pelo motor, por meio da liberação dos gases de exaustão pelo escapamento e também via sistema de arrefecimento.

Considerando um motor que recebe  de calor e que realiza  de trabalho em cada ciclo de operação, responda aos itens a seguir.

a) Sabendo que o calor latente de vaporização da gasolina vale  determine a massa de gasolina utilizada em cada ciclo de operação do motor.

b) Sabendo que, em um ciclo termodinâmico fechado, a soma das quantidades de calor envolvidas no processo é igual ao trabalho realizado no ciclo, determine a quantidade de calor rejeitada durante cada ciclo de operação do motor.

9**.** (Unesp 2018) A figura mostra uma máquina térmica em que a caldeira funciona como a fonte quente e o condensador como a fonte fria.



a) Considerando que, a cada minuto, a caldeira fornece, por meio do vapor, uma quantidade de calor igual a  e que o condensador recebe uma quantidade de calor igual a  calcule o rendimento dessa máquina térmica.

b) Considerando que  de água de refrigeração fluem pelo condensador a cada minuto, que essa água sai do condensador com temperatura  acima da temperatura de entrada e que o calor específico da água é igual a  calcule a razão entre a quantidade de calor retirada pela água de refrigeração e a quantidade de calor recebida pelo condensador.

10**.** (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  para um mol de gás ideal monoatômico. No estado *A*, a pressão é  a temperatura é  e o volume é  A partir do estado *A*, o gás é comprimido isotermicamente até um terço do volume inicial, atingindo o estado *B*. Na isoterma  a quantidade de calor trocada é  e, na isoterma  é 



Determine

a) o volume  em litros;

b) a pressão  em  no estado 

c) a temperatura 

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

d) a quantidade total de calor recebido em um ciclo, em 

Note e adote:

Calor específico a volume constante: 

Constante universal dos gases: 







11**.** (Uemg 2017) Uma máquina térmica que opera, segundo o ciclo de Carnot, executa  ciclos por segundo. Sabe-se que, em cada ciclo, ela retira  da fonte quente e cede  para a fonte fria. Se a temperatura da fonte fria é igual a  o rendimento dessa máquina e a temperatura da fonte quente valem, respectivamente,

a) 

b) 

c) 

d) 

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  e  e quatro transformações adiabáticas. O ciclo  refere-se à máquina 1 e o ciclo  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**.** (Pucpr 2015) O físico e engenheiro francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), em seu trabalho *Reflexões sobre a potência motriz do fogo*, concluiu que as máquinas térmicas ideais podem atingir um rendimento máximo por meio de uma sequência específica de transformações gasosas que resultam num ciclo – denominado de *ciclo de Carnot,* conforme ilustra a figura a seguir.



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

I. Ao iniciar o ciclo (expansão isotérmica  a variação de energia interna do gás é igual a  e o trabalho é positivo 

II. Na segunda etapa do ciclo (expansão adiabática  não há troca de calor, embora o gás sofra um resfriamento, pois 

III. Na compressão adiabática  última etapa do ciclo, o trabalho realizado sobre o gás corresponde à variação de energia interna dessa etapa e há um aquecimento, ou seja, 

IV. O trabalho útil realizado pela máquina térmica no ciclo de Carnot é igual à área  ou, de outro modo, dado por : 

V. O rendimento da máquina térmica ideal pode atingir até  pois o calor  pode ser nulo – o que não contraria a segunda lei da termodinâmica.

Estão **CORRETAS** apenas as alternativas:

a) I, II e IV.

b) I, II e III.

c) II, III e IV.

d) II, III e V.

e) III, IV e V.

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:** [A]

Das alternativas apresentadas, a única que respeita a transformação descrita é a [A].

Observe que a [E] está incorreta, pois a relação  na transformação isobárica deve ser linear.

**Resposta da questão 2:** [C]

**Resposta da questão 3:** [B]

Ao sair da bomba, o gás sofre uma expansão. E por ser um processo muito rápido, praticamente não há trocas de calor com o meio, motivo pelo qual a transformação pode ser classificada como adiabática.

**Resposta da questão 4:** [E]

**Resposta da questão 5:** [C]

**Resposta da questão 6:** a) tA = 200s

b) tB = 6s

c) τ = 810J

**Resposta da questão 7:** a) Aplicando a equação geral dos gases para a transformação  temos:



Como a transformação  é isotérmica, devemos ter que:



b) O trabalho realizado sobre o gás é numericamente igual à área interna do ciclo. Sendo assim, podemos estima-lo contabilizando aproximadamente  retângulos.

A área  corresponde a  retângulos. Logo, a área de  retângulo equivale a 

Portanto, o módulo do trabalho em função dos parâmetros pedidos é aproximadamente igual a:



**Resposta da questão 8:** a) Temos:



b) 1625J

**Resposta da questão 9:** a) Dados: 

O trabalho  realizado é a diferença entre a quantidade de calor recebida da fonte quente e a rejeitada para a fonte fria.



b) Dados: 

A quantidade de calor absorvida pela água que passa pelo condensador é:



Fazendo a razão pedida:



**Resposta da questão 10:** a) Pela equação de Clayperon, temos:



b) Entre os estados  e  (com  e  temos:



c) Entre os estados  e  (com  temos:



d) Utilizando a 1ª Lei da Termodinâmica e sabendo que  obtemos para as transformações:

De  para 



De  para 



De  para 



De  para 



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



**Resposta da questão 11:** [D]

O rendimento dessa máquina é dado por:



A temperatura da fonte quente pode ser obtida com equação semelhante, utilizando na escala Kelvin:



**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:** [C]

Analisando as afirmativas, temos:

[I] (Falsa) Em um processo isotérmico, a energia interna é constante, e, portanto sua variação é nula 

[II] (Verdadeira) Não há troca de calor em um processo adiabático  e como temos uma expansão o trabalho que o gás realiza se dá à custa da energia interna causando um resfriamento do sistema.

Da primeira lei da Termodinâmica, para uma expansão adiabática :



Logo, não significa que o trabalho é negativo, pois se trata de uma expansão, mas este trabalho é devido à variação negativa da energia interna.

[III] (Verdadeira) Neste caso temos um processo de compressão adiabática , em que haverá um aquecimento do gás graças ao trabalho realizado sobre o gás. A diferença de energia interna é positiva e o trabalho entregue ao sistema é negativo (trabalho feito sobre o gás – compressão). Sendo assim, de acordo com a Primeira Lei da Termodinâmica, temos:



Para um processo adiabático  então:



Mas como temos uma compressão, o trabalho é realizado sobre o gás e, portanto negativo.



Como poderíamos esperar temos um aumento de temperatura, pois 

E, finalmente temos a expressão  que do jeito que foi colocada na questão pode dar margens à dúvidas, pelo trabalho ser, de fato negativo.

[IV] (Verdadeira) O trabalho útil do ciclo  corresponde à área sob as curvas ou ainda pela diferença de calor entre a fonte quente e a fonte fria:  tendo apenas a ressalva de que o calor da fonte fria seja diferente de zero  pois do contrário violaria a Segunda Lei da Termodinâmica onde não podemos ter um rendimento de  utilizando máquinas térmicas, considerando o calor da fonte fria nulo, ou seja, é impossível transformar todo o calor em trabalho.

[V] (Falsa) A Segunda Lei da Termodinâmica diz que é impossível construir uma máquina que obedeça ao ciclo de Carnot com um rendimento de  visto que é impossível converter o calor de forma integral em trabalho.

Sendo assim, a alternativa correta é [C].