**Assuntos**: termodinâmica e máquinas térmicas

1**.** (Esc. Naval 2014) O estado inicial de certa massa de gás ideal é caracterizado pela pressão  e volume  Essa massa gasosa sofre uma compressão adiabática seguida de um aquecimento isobárico, depois se expande adiabaticamente até que o seu volume retorne ao valor inicial e, finalmente, um resfriamento isovolumétrico faz com que o gás retorne ao seu estado inicial. Qual o gráfico que melhor representa as transformações sofridas pelo gás?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

2**.** (Esc. Naval 2013) Considere que  gramas de água vaporize isobaricamente à pressão atmosférica. Sabendo que, nesse processo, o volume ocupado pela água varia de  litro, pode-se afirmar que a variação da energia interna do sistema, em kJ, vale

Dados: calor latente de vaporização da água = 

Conversão: 

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

3**.** (Esc. Naval 2016) Analise o gráfico abaixo.



Se entre os estados  e  mostrados na figura, um mol de um gás ideal passa por um processo isotérmico. A(s) curva(s) que pode(m) representar a função  desse processo, é(são)

a)  e 

b) 

c) 

d) 

e)  e 

4**.** (Ita 2010) Uma parte de um cilindro está preenchida com um mol de um gás ideal monoatômico a uma pressão P0 e temperatura T0. Um êmbolo de massa desprezível separa o gás da outra seção do cilindro, na qual há vácuo e uma mola em seu comprimento natural presa ao êmbolo e à parede oposta do cilindro, como mostra a figura (a). O sistema está termicamente isolado e o êmbolo, inicialmente fixo, é então solto, deslocando-se vagarosamente até passar pela posição de equilíbrio, em que a sua aceleração é nula e o volume ocupado pelo gás é o dobro do original, conforme mostra a figura (b). Desprezando os atritos, determine a temperatura do gás na posição de equilíbrio em função da sua temperatura inicial.

****

5**.** (Ime 2018) Considere as afirmações abaixo, relativas a uma máquina térmica que executa um ciclo termodinâmico durante o qual há realização de trabalho.

I. Se as temperaturas das fontes forem  e  a máquina térmica poderá apresentar um rendimento de 

II. Se o rendimento da máquina for  do rendimento ideal para temperaturas das fontes iguais a  e  e se o calor rejeitado pela máquina for  o trabalho realizado será 

III. Se a temperatura de uma das fontes for  e se a razão entre o calor rejeitado pela máquina e o calor recebido for  a outra fonte apresentará uma temperatura de  no caso de o rendimento da máquina ser  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.

6**.** (Esc. Naval 2017) Uma máquina de Carnot tem rendimento médio diurno  No período noturno, as fontes quente e fria têm suas temperaturas reduzidas para metade e para  da temperatura média diurna, respectivamente.

Se o rendimento noturno é  qual a variação percentual,  do rendimento dessa máquina de Carnot?

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

7**.** (Ita 2017)



Uma transformação cíclica  de um gás ideal indicada no gráfico  opera entre dois extremos de temperatura, em que  é um processo de expansão adiabática reversível. Considere     e a razão entre as capacidades térmicas molar, a pressão e a volume constante, dada por  Assinale a razão entre o rendimento deste ciclo e o de uma máquina térmica ideal operando entre os mesmos extremos de temperatura.

a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

8**.** (Ita 2013) Um mol de um gás ideal sofre uma expansão adiabática reversível de um estado inicial cuja pressão é Pi e o volume é Vi para um estado final em que a pressão é Pf e o volume é Vf. Sabe-se que  é o expoente de Poisson, em que Cp e Cv são os respectivos calores molares a pressão e a volume constantes. Obtenha a expressão do trabalho realizado pelo gás em função de Pi, Vi, Pf, Vf e 

9**.** (Ita 2011) Uma bolha de gás metano com volume de 10 cm3 é formado a 30 m de profundidade num lago. Suponha que o metano comporta-se como um gás ideal de calor específico molar CV = 3R e considere a pressão atmosférica igual a 105 N/m2. Supondo que a bolha não troque calor com a água ao seu redor, determine seu volume quando ela atinge a superfície. (g = 10 m/s² e densidade da água = 10³kg/m³).

10**.** (Ita 2013) A figura mostra um sistema, livre de qualquer força externa, com um êmbolo que pode ser deslocado sem atrito em seu interior. Fixando o êmbolo e preenchendo o recipiente de volume V com um gás ideal a pressão P, e em seguida liberando o êmbolo, o gás expande-se adiabaticamente. Considerando as respectivas massas mc, do cilindro, e me, do êmbolo, muito maiores que a massa mg do gás, e sendo  o expoente de Poisson, a variação da energia interna  do gás quando a velocidade do cilindro for vc é dada aproximadamente por



a) 

b) 

c) 

d) 

e) 

11**.** (Ita 2011) A inversão temporal de qual dos processos abaixo NÃO violaria a segunda lei de termodinâmica?

a) A queda de um objeto de uma altura H e subsequente parada no chão.

b) O movimento de um satélite ao redor da Terra.

c) A freada brusca de um carro em alta velocidade.

d) O esfriamento de um objeto quente num banho de água fria.

e) A troca de matéria entre as duas estrelas de um sistema binário.

12**.** (Ita 2013) Diferentemente da dinâmica newtoniana, que não distingue passado e futuro, a direção temporal tem papel marcante no nosso dia. Assim, por exemplo, ao aquecer uma parte de um corpo macroscópico e o isolarmos termicamente, a temperatura deste se torna gradualmente uniforme, jamais se observando o contrário, o que indica a direcionalidade do tempo. Diz-se então que os processos macroscópicos são irreversíveis, evoluem do passado para o futuro e exibem o que o famoso cosmólogo Sir Arthur Eddington denominou de seta do tempo. A lei física que melhor traduz o tema do texto é

a) a segunda lei de Newton.

b) a lei de conservação da energia.

c) a segunda lei da termodinâmica.

d) a lei zero da termodinâmica.

e) a lei de conservação da quantidade de movimento.

**Gabarito:**

**Resposta da questão 1:** [D]

Para esta questão tem-se as seguintes transformações:

1  Compressão adiabática

2  Aquecimento isobárico

3  Expansão Adiabática

4  Resfriamento isovolumétrico

Analisando os gráficos, chega-se à conclusão que o único que pode ser a resposta é o gráfico da alternativa [D]. Atentar aos sentidos (flechas) de cada uma das transformações.

**Resposta da questão 2:** [C]

Da 1ª Lei da Termodinâmica: 

Devemos achar o trabalho (W) da transformação Isobárica:



Para a mudança de estado físico, calculamos o calor latente (Q):



E a variação de energia interna () será:



**Resposta da questão 3:** [B]

Num processo isotérmico, o produto PV deve se manter constante, e o gráfico de  deve se assemelhar ao de uma hipérbole, melhor representada apenas pela curva 2.

**Resposta da questão 4:** 

Nas figuras acima:

A: área da secção transversal do êmbolo.

FE: módulo da força elástica.

 FE = kx.

FG: módulo da força de pressão exercida pelo gás.

 FG = PA.

Dados: P0; V0; V = 2V0 e n = 1 mol.

O enunciado afirma que o sistema está termicamente isolado, ou seja, a transformação é adiabática (**Q = 0**).

Da 1ª lei da termodinâmica:

ΔU = Q – W ⇒ ΔU = 0 –W ⇒ W = –ΔU ⇒

W = 

W= . Mas esse trabalho é armazenado na mola na forma de energia potencial elástica. Assim:

⇒

. (equação 1)

Na figura (a) podemos notar que:

 V0 = Ax ⇒ (equação 2)

Na figura (b), na posição de equilíbrio:

FE = FG ⇒ kx = PA. (equação 3)

As equações (2) e (3) sugerem que escrevamos:

kx2 = (kx)(x) = (PA)⇒

kx2 = PV0. (equação 4)

Mas, novamente na figura (b):

PV = nRT⇒ P(2V0) = (1)RT ⇒

PV0 = . (equação 5)

De (4) e (5):

kx2 = . Substituindo essa expressão na equação (1), temos:

=⇒ T = 6(T0 – T) ⇒ 7T = 6T0 ⇒

.

**Resposta da questão 5:** [D]

[I] Máximo rendimento possível para a máquina:



Portanto, o rendimento de 40% é possível.

[II] Rendimento máximo para as temperaturas dadas:



Pela 1ª Lei da Termodinâmica:



[III] 



**Resposta da questão 6:** [C]



Substituindo (I) em (II), vem:



Logo:



**Resposta da questão 7:** [B]

A figura ilustra o problema:



Como a expansão  é adiabática, conclui-se que:



Da figura conclui-se que:



Para gases ideais, sabe-se que:



Partindo-se da equação de Clapeyron, é possível obter expressões para as temperaturas absolutas nos pontos  e 



Do que se conclui que: 

Como o processo  se dá a volume constante, então:



Substituindo-se (3) e (4) em (5), tem-se que:



O processo  acontece a pressão constante, do que se conclui que:



Aplicando-se a 1ª Lei da Termodinâmica para o ciclo completo  tem-se que:



O rendimento do ciclo é tal que:



Por outro lado, o rendimento da máquina térmica ideal é tal que:



Dos resultados (9) e (10), conclui-se que:



**Resposta da questão 8:** Lembrando-se do primeiro princípio da termodinâmica: , onde Q=0, pois a transformação é adiabática.

 **(eq.1)**

Associando , que foi dado no enunciado, com a relação de Mayer (), teremos:



 **(eq.2)**

Lembrando-se da equação de Clapeyron:

 **(eq.3)**

Neste caso, podemos escrever a variação da energia interna como:

 **(eq.4)**

Substituindo "eq.2" e "eq.3" em "eq.4", teremos:



Substituindo a equação acima em "eq.1":



**Resposta da questão 9:** Dados: **h** = 30 m; **V1** = 10 cm3; **CV** = 3 R; **P0** = 105 N/m2; **dágua** = 1 g/cm3 = 103 kg/m3; **g** = 10 m/s2.

Calculemos a pressão absoluta no fundo do lago (**P1**), usando o teorema de Stevin:

P1 = P0 + dágua gh ⇒ P1 = 103 (10)(30) ⇒ P1 = 3×105 N/m2.

Durante a subida, o gás não troca calor com a água. Trata-se, então, de uma transformação adiabática, cuja equação é:

 **(I)**.

O expoente γ é a razão entre os calores específicos molares a pressão constante (**CP**) e a volume constante (**CV**), respectivamente. Ou seja:

 **(II)**.

Mas, da relação de Mayer:

CP – CV = R.

Usando os dados do enunciado:

CP – 3R = R ⇒ CP = 4R **(III)**.

Substituindo (III) em (II):

 **(IV)**.

Substituindo (IV) em (I):

.

Substituindo os valores dados:

.

Elevando os dois membros a :

 =  ⇒

V0 ≅ 28 cm3.

**Resposta da questão 10:** [C]

Na ausência de forças externas, o sistema é mecanicamente isolado. Assim, quando abandonado, o êmbolo adquire velocidade de módulo **ve**para esquerda, enquanto o cilindro adquire velocidade de módulo **vc** para direita como indica o esquema.



 Pela conservação da quantidade de movimento (**Q**), em módulo:



O trabalho (**W**) realizado pela força de pressão do gás é, em parte, transferido para o êmbolo e, em parte, transferido para o cilindro. Assim, pelo Teorema da Energia Cinética:



Substituindo (I) em (II):



Se a transformação é adiabática, a quantidade de calor trocada é nula (**Q=0**). Sendo  a variação da energia interna, **Q** a quantidade de calor trocada e **W** o trabalho realizado pela força de pressão do gás, da Primeira Lei da Termodinâmica:



Substituindo (III) em (IV) e alterando a ordem dos termos:



**Resposta da questão 11:** [B]

A segunda lei da termodinâmica envolve a transformação de calor em trabalho.

Dos processos dados, o único que não envolve realização de trabalho é o movimento de um satélite em órbita, pois se trata de um sistema conservativo, mesmo quando a órbita é não circular. Assim, não há transformação de calor em trabalho ou vice-versa, não violando, portanto, a segunda lei da termodinâmica, qualquer que seja o sentido de giro do satélite.

**Resposta da questão 12:** [C]

Do texto da questão: “ao aquecer uma parte de um corpo macroscópico e o isolarmos termicamente, a temperatura deste se torna gradualmente uniforme, jamais se observando o contrário, o que indica a direcionalidade do tempo”.

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