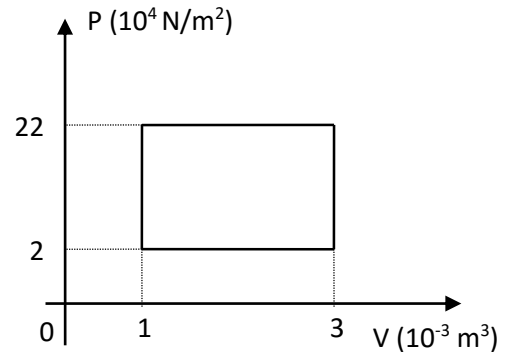




Questões – máquinas térmicas e sistemas refrigeradores

1. O gráfico ao lado representa as transformações sofridas por um gás durante o ciclo de um refrigerador que recebe 900 J de calor durante a fase em que o gás aumenta sua pressão, perde 1100 J enquanto se contrai e perde outros 300 J de calor durante a fase em que sua pressão volta a baixar.

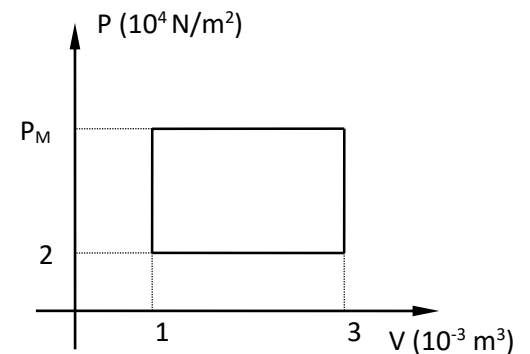
- Determine o valor do trabalho, do calor trocado pelo gás com a vizinhança e da variação da energia interna para cada uma das 4 transformações sofridas pelo gás durante o ciclo, bem como para a transformação cíclica completa.
- Determine o valor da eficiência desse refrigerador.
- Suponha, agora, que o mesmo gráfico passe a representar uma máquina térmica, que recebe 300 J de calor durante a fase em que o gás aumenta sua pressão, outros 1100 J enquanto se expande e perde 900 J de calor durante a fase em que sua pressão volta a baixar. Determine os valores do calor recebido da fonte quente, do trabalho realizado e do calor cedido à fonte fria para a transformação cíclica completa. Determine, também, o valor do rendimento dessa máquina.



2. O gráfico ao lado representa as transformações sofridas por um gás durante o ciclo de uma certa máquina térmica.

Suponha que esta máquina represente um motor que recebe 300 J de calor durante a fase em que o gás aumenta sua pressão, outros 100 J enquanto se expande e perde 100 J de calor durante a fase em que sua pressão volta a baixar. Sabe-se, ainda, que o rendimento deste motor é de 30%.

- Determine o valor de  $P_M$ , a máxima pressão atingida neste ciclo.
- Qual o calor total cedido para a fonte fria?
- Suponha que o enunciado fosse modificado, passando a informar que o calor total recebido neste ciclo fosse de apenas 120 J e que o valor de  $P_M$  fosse o calculado no item a, embora sobre o rendimento da máquina nada fosse informado. Com estas mudanças, o funcionamento desta máquina passaria a ter alguma contradição com as leis da termodinâmica? Justifique.
- Suponha, agora, que o mesmo gráfico, com o mesmo valor para  $P_M$ , passasse a representar um refrigerador e que todas as outras informações do enunciado fossem mantidas, com exceção, obviamente, do valor do rendimento. Determine os valores do calor recebido da fonte fria, do trabalho realizado no ciclo e do calor cedido à fonte quente. Determine também o valor da eficiência deste refrigerador.

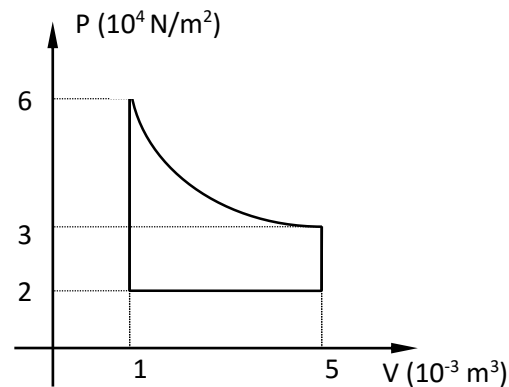


3. Um gás sofreu as seguintes transformações: estando submetido inicialmente a 600 K, com uma pressão de  $6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$  e ocupando um volume de  $2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ , foi submetido a uma compressão isobárica que reduziu seu volume à metade. Em seguida sua temperatura foi reduzida a um terço de seu valor em uma transformação isovolumétrica. Foi, então, expandido isotermicamente até que seu volume voltasse ao valor inicial do problema. Por fim, foi levado, através de uma transformação isovolumétrica à condição inicial do problema.

- Determine os valores da pressão, temperatura e volume do gás ao final de cada transformação por ele sofrida e represente tais transformações em um gráfico  $p \times v$ , deixando claro o sentido em que elas ocorreram.
- Calcule o trabalho realizado pelo ou sobre o gás em cada uma das transformações descritas acima, bem como da transformação cíclica total. OBS: Quando a transformação resultar em uma curva no gráfico  $p \times v$ , aproxime-a por uma reta para o cálculo do trabalho.
- Sabe-se que na primeira transformação o gás perdeu 900 J de calor ao meio externo enquanto que na segunda transformação ele perdeu mais 200 J de calor para este meio. Qual o valor da variação da energia interna em cada transformação e do calor trocado com o meio externo nas duas últimas transformações?
- Associe o ciclo descrito a uma máquina térmica ou a um refrigerador e, em seguida, calcule o rendimento ou a eficiência do sistema.
- No item b orientou-se aproximar o gráfico da transformação isotérmica por uma reta a fim de simplificar o cálculo do trabalho realizado pelo gás. Refaça, agora, o cálculo deste trabalho levando em conta a curva real e, portanto, se utilizando das técnicas de cálculo integral. Feito o novo cálculo, compare-o com o valor anteriormente encontrado e reflita sobre a pertinência da aproximação originalmente indicada.

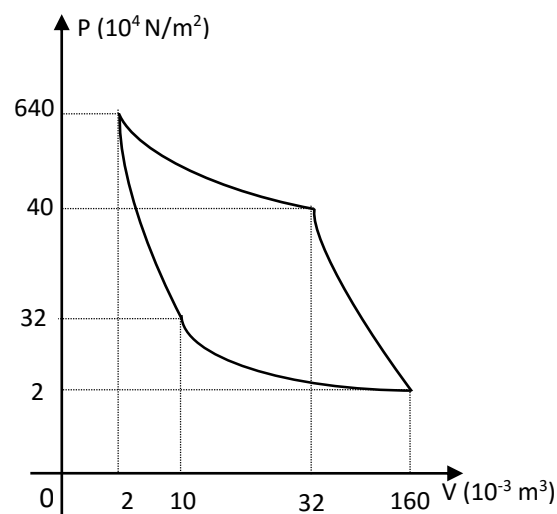
4. O gráfico ao lado representa as transformações sofridas por um gás durante o ciclo de um motor que recebe 400 J de calor durante a fase em que o gás aumenta sua pressão e perde 100 J de calor durante a fase em que sua pressão volta a baixar sob volume constante. Sabe-se ainda que a expansão é feita adiabaticamente. Determine:

- O valor do trabalho, do calor trocado pelo gás com a vizinhança e da variação da energia interna para cada uma das 4 transformações sofridas pelo gás durante o ciclo, bem como da transformação cíclica completa. OBS: Quando a transformação resultar em uma curva no gráfico  $p \times v$ , aproxime-a por uma reta para o cálculo do trabalho.
- Determine o valor do rendimento desse motor.
- Suponha que no enunciado da questão não fosse mais informado o calor perdido durante a queda de pressão a volume constante e que o calor recebido durante a fase em que o gás aumenta sua pressão passasse a ser de 100 J e não mais de 400 J. Mantendo os outros dados fornecidos sem nenhuma alteração, este novo enunciado passaria a contrariar a 1ª e/ou a 2ª lei da termodinâmica? E se o calor recebido fosse de 80 J? Justifique suas respostas.

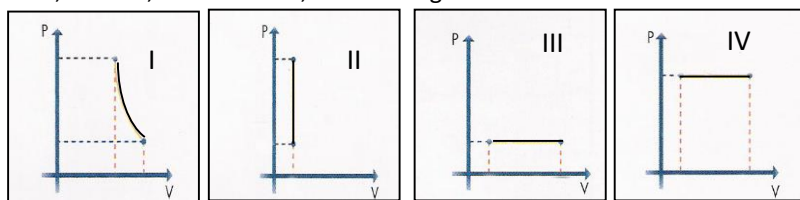


5. O gráfico ao lado representa o ciclo das transformações sofridas por um gás em certo sistema térmico. Suponha apenas a existência de transformações isotérmicas e adiabáticas.

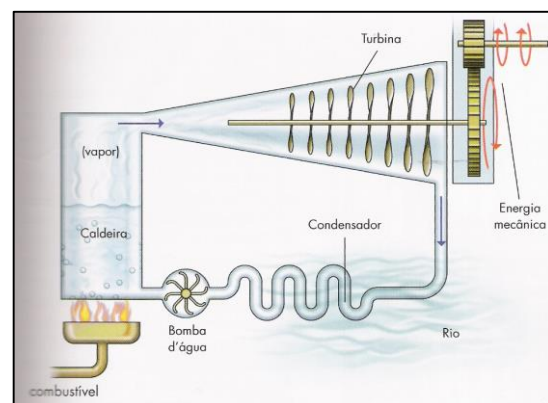
- Identifique cada uma das transformações como isotérmica ou adiabática.
- Supondo se tratar de uma máquina térmica e considerando válida a aproximação por uma reta de cada uma das curvas representadas no gráfico, determine o valor do trabalho, do calor trocado pelo gás com a vizinhança e da variação da energia interna para cada uma das 4 transformações sofridas pelo gás durante o ciclo, bem como para a transformação cíclica completa. Determine, também, o valor do rendimento desse motor.
- Mantida a aproximação indicada no item anterior, mas supondo agora que o gráfico represente o ciclo de uma máquina refrigeradora, determine o valor do trabalho, do calor trocado pelo gás com a vizinhança e da variação da energia interna para cada uma das 4 transformações sofridas pelo gás durante o ciclo, bem como para a transformação cíclica completa. Determine, também, o valor da eficiência desse refrigerador.



6. A ilustração ao lado representa o esquema simplificado do funcionamento de uma termelétrica e abaixo estão dispostos, em ordem aleatória, os diagramas P x V representativos das transformações gasosas que ocorrem em cada etapa de seu ciclo termodinâmico e que correspondem a seus quatro componentes básicos: caldeira, turbina, condensador, bomba d'água.



- Explique a função de cada um desses componentes básicos.
- Associe cada diagrama P x V acima representado (I, II, III, IV) a um desses componentes básicos da termelétrica.
- Represente em um único diagrama P x V as quatro transformações gasosas descritas por seus diagramas parciais deixando bem claro a ordem em que ocorrem.



7. O parágrafo a seguir contém alguns erros grosseiros quanto à comparação entre máquinas térmicas e sistemas refrigeradores. Analise o texto, sublinhando e enumerando as palavras erradas que encontrar. Em seguida, para cada erro encontrado, troque a palavra errada por uma outra que corrija o texto, sem alterar o restante da frase.

*“Enquanto nos sistemas refrigeradores, parte da energia interna de um gás é transformada em energia mecânica através da realização de trabalho pelo gás, nas máquinas térmicas, ocorre uma transferência de calor do aparelho para o ambiente devido à realização de um trabalho externo sobre o gás. Uma consequência desta diferença entre esses dois tipos de aparelhos é que as representações das transformações gasosas em gráficos  $p \times v$ , possuem seqüências diferentes, sendo a expansão a baixa pressão*

*característica dos ciclos de sentidos anti-horários das máquinas térmicas, ao passo que nos sistemas refrigeradores é a compressão que é feita a baixa pressão, caracterizando um ciclo de sentido horário. Por outro lado, há também diferenças entre as próprias máquinas térmicas, já que há motores de combustão externa, como o dos automóveis e de combustão interna como nas antigas máquinas a vapor ou nas modernas usinas hidroelétricas. Na verdade, até mesmo entre os próprios motores de combustão externa há diferenças importantes, como o volume interno dos cilindros, maiores para carros de maior potência, ou o número de etapas necessárias para se completar um ciclo, sendo geralmente duas nos motores de carros e quatro nos motores de motos. Apesar de todas essas diferenças, há algumas importantes semelhanças entre todas essas máquinas, já que sempre está presente algum fluido que sofre variações de pressão, volume e temperatura. Além disso, todas elas necessitam de um pequeno esforço externo para iniciar o ciclo de operação, a fim de vencer a inércia do sistema, fato que se encontra de acordo com a 3ª lei de Newton, ou lei da ação e reação.”*

8. Imagine duas situações distintas. Na primeira, em um dia de verão com céu aberto e com o Sol irradiando bastante calor, um pescador, à beira de um rio, tem uma terrível sensação de calor e percebe que aos poucos a própria água do rio vai se aquecendo. Na segunda, com um dia nas mesmas condições, o mesmo pescador tem uma sensação de frio, por estar perdendo calor ao ambiente e verifica que a água do lago está começando a congelar, por também estar perdendo calor ao ambiente rapidamente. Discuta a validade ou violação das duas leis da termodinâmica aplicadas a estas situações imaginárias.

9. Em uma termelétrica, o vapor formado pelo aquecimento da água de uma caldeira é utilizado para girar as pás da turbina geradora de eletricidade, sendo posteriormente resfriado por um condensador que o faz retornar ao estado líquido a baixa pressão e, finalmente, uma bomba recoloca essa água na caldeira para recomeçar o ciclo. Ora, se a função da caldeira é transformar a água em vapor, e do condensador transformar o vapor em água, por que não se pode eliminar essas etapas e reconduzir diretamente à caldeira o vapor que movimentou as pás da turbina?

10. Se um garoto disser à sua mãe que a desarrumação do seu quarto é uma consequência inevitável da Segunda Lei da Termodinâmica, como ela poderia contra argumentar se tiver ciência e paciência suficientes?

11. Suponha que durante o verão, com temperatura exterior a  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura dentro de uma casa seja mantida constante a  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$  devido ao funcionamento de um condicionador de ar (bomba de calor). Considere que, mais tarde, durante o inverno, a temperatura exterior passe a ser de  $14\text{ }^{\circ}\text{C}$  e que a mesma bomba de calor seja agora usada para manter a casa a  $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nos dois casos, a diferença entre as temperaturas interna e externa é de  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A conta elétrica associada ao funcionamento da bomba de calor é, no entanto, mais elevada no verão do que no inverno. Por quê?

12. É um dia tórrido de verão e seu sistema de condicionamento de ar não está funcionando. Em sua cozinha, você tem um refrigerador em bom estado de funcionamento e uma caixa completamente cheia de gelo. Qual deles você deve deixar aberto para refrigerar mais eficazmente o cômodo?

13. Um gás ideal é colocado dentro de um cilindro que tem um pistão móvel na parte de cima. O pistão tem massa de  $8\text{ kg}$  e área de  $5\text{ cm}^2$  e é livre para deslizar para cima e para baixo, mantendo constante a pressão do gás. Qual o valor do trabalho realizado pelo gás à medida que a temperatura de  $0,2\text{ mol}$  do gás se eleva de  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  para  $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ ?

14. Um mol de um gás ideal realiza  $3000\text{ J}$  de trabalho sobre sua vizinhança ao se expandir isotermicamente para a pressão final de  $1\text{ atm}$  e volume de  $25\text{ L}$ . Determine (a) o volume inicial e (b) a temperatura do gás.