



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Exercícios de Termodinâmica

ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS

SÃO CARLOS
2021

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DEDALUS - Acervo - EESC



31100107836

EXERCÍCIOS DE TERMODINÂMICA

ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS

POSTULA
233e
.1

SÃO CARLOS, 1992
PUBLICAÇÃO 052/92



Esta apostila é constituída de quinze listas de exercícios para acompanhamento da disciplina Termodinâmica I. O livro "Fundamentos da Termodinâmica Clássica" do Sonntag and Wylen deve ser consultado para melhor resultado no aprendizado.

O aluno que fizer todos os exercícios desta apostila, certamente terá adquirido um bom conhecimento desta matéria.

Antonio Moreira dos Santos

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - SEM
SEM-233 - TERMODINÂMICA I
PROF. DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS
LISTA No. 01

01 - Qual o significado dos seguintes termos:

- a) sistema
- b) volume de controle
- c) propriedade
- d) propriedade intensiva
- e) estado de equilíbrio
- f) processo
- g) ciclo termodinâmico
- h) fase
- i) processo adiabático
- j) sistema fechado
- k) sistema isolado
- l) propriedade extensiva

02 - Determine o peso em Newton de um objeto cuja a massa é 10 kg num local onde a aceleração da gravidade é $9,81 \text{ m/s}^2$.

03 - Uma mola dilatada 0,2 cm por Newton de força aplicada um objeto é suspenso pela mola e a deflexão é de 3 cm. Se $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, qual é a massa do objeto, em kg.

04 - Um êmbolo tem uma área de 2 cm^2 . Que massa deve ter, sabendo-se que exerce uma pressão de $0,8 \text{ kgf/cm}^2$ acima da atmosférica sobre o gás contido no cilindro?
 $g = 9,8067 \text{ m/s}^2$.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - SEM
TERMODINÂMICA APLICADA

PROF. DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS

LISTA No. 02

01) É razoável assumir que as substâncias a seguir comportam-se como um gás perfeito nos estados mencionados?

- a) Nitrogênio a 300° K, 4,0 MPa
- b) Nitrogênio a $126,1^{\circ}$ K, 3,4 MPa
- c) Nitrogênio a $63,143^{\circ}$ K, 12,5 MPa
- d) Água a $40,29^{\circ}$ C, 7,5 KPa
- e) Água a 20° C, 7,5 KPa
- f) Água a 1000° C, 3,5 MPa
- g) Água a 375° , 30,0 MPa

02) Calcule os seguintes volumes específicos:

- a) Água, 300° K, título de 80%
- b) Amônia, 30° C, título de 20%
- c) Água, 50 KPa, título de 50%

03) Determine o título, se saturado, ou a temperatura, se superaquecida, das seguintes substâncias nos estados mencionados.

- a) Água \hat{v} $25 \text{ m}^3/\text{KG}$ e 3 KPa
- b) Água \hat{v} $31 \text{ m}^3/\text{KG}$ e 10 KPa
- c) Amônia \hat{v} 1,033 MPa e $0,10 \text{ m}^3/\text{Kg}$
- d) Amônia \hat{v} 1,000 MPa e $0,1511 \text{ m}^3/\text{Kg}$

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
SEM-233 - TERMODINÂMICA APLICADA
PROF. DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS
LISTA No. 03

- 01 - Identificar a fase das seguintes substâncias e esquematizar ao diagrama $T \times s$.
- a) Água à $T = 50^{\circ}\text{C}$, $p = 5 \text{ KPa}$
 - b) Água à $P = 10 \text{ KPa}$, $T = 25^{\circ}\text{C}$
 - c) Água à $T = 200^{\circ}\text{C}$, $v = 0,10 \text{ m}^3/\text{kg}$
 - d) Água à $T = 300^{\circ}\text{C}$, $v = 0,8923 \text{ m}^3/\text{kg}$
 - e) Água à $T = 100^{\circ}\text{C}$, $p = 5 \text{ MPa}$
 - f) Água à $T = -10^{\circ}\text{C}$, $p = 0,2602 \text{ KPa}$, $x^1 = 0,30$
 - g) Amônia à $T = -20^{\circ}\text{C}$, $p = 50 \text{ KPa}$
 - h) Freon -12 a $T = 30^{\circ}\text{C}$, $p = 10 \text{ Kgf/cm}^2$

OBS.: $1 \text{ KPa} \cong 0,0102 \text{ Kgf/cm}^2$

- 02 - Uma garrafa selada contém vapor de amônia a 10°C . Deseja-se saber a pressão nesta condição mas não é possível se instalar um manômetro. No entanto, quando a garrafa é resfriada a -4°C observa-se pequenas gotas de líquido nas paredes da garrafa. Qual é a pressão interna a 10°C .
- 03 - Um reservatório de 5 l contém 3 kg de freon -12 a temperatura ambiente de 30°C . Em que fase está o freon no reservatório?

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SAO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA
TERMODINAMICA
LISTA No. 04

01) Um cilindro com um êmbolo móvel contém 5 kg de vapor d'água saturado a pressão de 1 MPa. Esse sistema é aquecido a pressão constante, até que a temperatura do vapor atinja 300° C. Calcular o trabalho realizado pelo vapor durante o processo.

02) Considera-se o sistema mostrado na figura 4.13. O volume inicial dentro do cilindro é 0,1 m³. Nesse estado, a pressão interna é 100 MPa, suficiente para contrabalançar a pressão atmosférica e o peso do êmbolo. A mola toca o êmbolo mas não exerce nenhuma força sobre o mesmo nesse estado. O gás, então aquecido até que o volume seja o dobro do inicial. A pressão final do gás é 300 KPa, e durante o processo a força da mola é proporcional ao deslocamento do êmbolo a partir da posição inicial. Calcular o trabalho realizado pelo gás. Que porcentagem deste é realizado contra a mola?

03) O cilindro mostrado na figura 4.15 contém 1 kg de água saturada a 30° C. O êmbolo tem uma área seccional de 650 cm², uma massa de 40 kg e repousa sobre os esbarros como mostrado. O volume nesse ponto é 0,1 m³. A pressão atmosférica externa é 94 kPa e a aceleração da gravidade é 9,75 m/s². Transfere-se calor ao sistema até que o cilindro contenha vapor saturado. Qual a temperatura da água quando o êmbolo deixa o esbarro? Calcular o trabalho realizado pela água durante todo o processo.

$$T = 99,7^{\circ}\text{C}$$

$$W = 159,4 \text{ KJ}$$

04) Um balão esférico tem um diâmetro de 30 cm e contém ar à pressão de 150 KPa. O diâmetro do balão aumenta para 40 cm devido ao aquecimento, e durante este processo a pressão é proporcional ao diâmetro. Calcular o trabalho realizado pelo ar durante este processo.

$$W = 3,44 \text{ KJ}$$

05) Um cilindro de 1000 litros de capacidade contém Metano a 20 MPa num ambiente de temperatura 30° C. Um motor a gás metano funciona durante 3 horas consumindo gás deste cilindro baixando a pressão para 18 MPa.

Considerando que a temperatura ambiente não variou significativamente. Qual foi o consumo de gás.

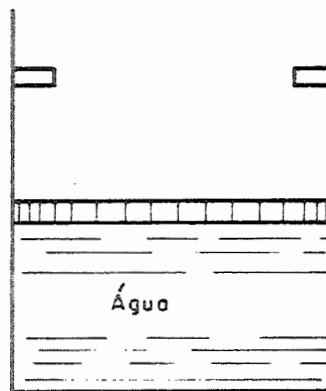
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROF.DR. ANTONIO MOREIRA DO SANTOS

LISTA No. 05

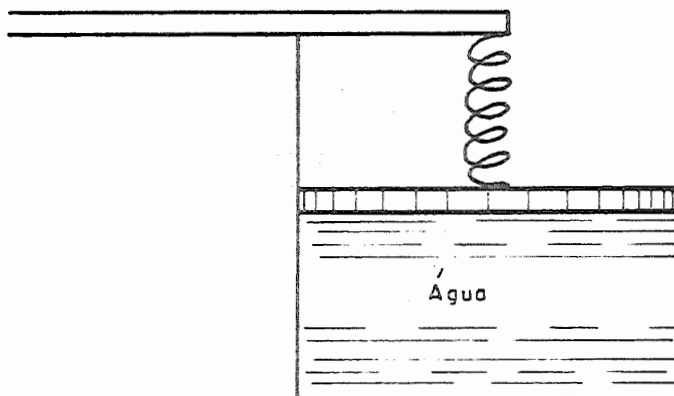
- 01) Um recipiente rígido de 20 dm^3 contém água a 90°C e título de 50%. O vaso é resfriado para -10°C . Calcular o calor transferido durante o processo.
- 02) Uma caldeira a vapor tem um volume total de 4 m^3 . Ela contém inicialmente 1 m^3 de vapor em equilíbrio a 100 KPa. A caldeira é acesa e é transferido calor para a água na caldeira. Acidentalmente as válvulas de admissão e de descarga da caldeira são deixadas ambas fechadas. A válvula de segurança se abre quando a pressão atinge 5 MPa. Que quantidade de calor foi transferido para a água até o momento da abertura da válvula de segurança?
- 03) Um recipiente rígido com volume de $0,5 \text{ m}^3$ é cheio com amônia a 700 KPa a 70°C . Transfere-se calor da amônia até que esta exista como saturada. Calcular o calor transferido durante o processo.
- 04) Um tubo selado tem volume de 100 cm^3 e contém certa fração de água líquida e vapor em equilíbrio a 100 KPa. As frações de líquido e vapor são tais que quando a água é aquecida, o sistema passará pelo ponto crítico. Calcular o calor transferido quando o vapor é aquecido até ao estado crítico.
- 05) Uma massa de 5 kg de água a 15°C está contida num cilindro vertical com êmbolo, cujo peso é tal que a pressão da água é 680 KPa. Transfere-se lentamente calor para a água fazendo com que o êmbolo suba até atingir os batentes, quando então o volume interno do cilindro é de $0,5 \text{ m}^3$. Transfere-se, então, mais calor para a água até que seja atingido o estado de vapor saturado. Determinar a pressão final do cilindro, o calor transferido e o trabalho realizado durante o processo. Mostre o processo num diagrama T x Vol.

06) Um cilindro isolado equipado com êmbolo contém FREON-12 a 25°C com título de 90%. O volume nesse estado é 30 dm^3 . O êmbolo é então liberado e o FREON se expande até o estado de vapor saturado. Durante esse processo o FREON-12 realiza 4 KJ de trabalho contra o êmbolo. Determinar a temperatura final supondo o processo é adiabático.

07) Um cilindro contém 100 gramas de vapor saturado da água a 105°C , como mostrado na Figura. Nesse estado a mola toca o êmbolo mas não exerce força sobre ela. Transfere-se, então, calor para a água, fazendo o êmbolo subir. Durante o processo a força da mola é proporcional ao deslocamento, com uma constante de mola de 500 N/cm . A área do êmbolo é 500 cm^2 . Qual a temperatura no cilindro quando a pressão atingir 300 Kpa ? Qual a quantidade de calor transferida durante o processo?



Prob. 5



Prob. 7

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

TERMODINÂMICA

LISTA No. 06

- 01 - O pneu de uma motocicleta é inflado até a pressão absoluta de 200 kPa a uma temperatura de 20°C . Após uma corrida a temperatura do ar no pneu cresce para 50°C e o volume cresce 2%. Calcular a pressão após a corrida.
- 02 - Um sistema fechado executa um ciclo composto de três processos. Durante o primeiro processo 8 kJ de calor é transferido ao sistema enquanto o sistema faz 2 kJ de trabalho. O segundo processo é adiabático. Durante o terceiro processo 3 kJ de trabalho é introduzido no sistema, e a energia total do sistema cai 2 kJ. Determine a variação da energia total do sistema durante o primeiro e o segundo processo; o calor transferido no último processo e o trabalho no segundo processo.
- 03 - Um cilindro de 1000 litros de capacidade contém Metano a 20 MPa num ambiente de temperatura 30°C . Um motor a gás metano funciona 3 horas consumindo gás deste cilindro baixando a pressão para 18 MPa.
Considerando que a temperatura ambiente não variou significativamente. Qual foi o consumo de gás.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SAO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA
SEM-233 - Termodinamica Aplicada

LISTA No. 07

- 01) O motor do Passat VW-1600, apresenta 1588 cm^3 de cilindrada total e o volume da câmara de combustão é de $58,4 \text{ cm}^3$. Considerando que é fornecido 650 Kcal por quilo de ar em evolução no motor, e que a pressão e a temperatura inicial do ciclo é respectivamente de 1 Kgf/cm^2 e 27°C . Calcular:
- O volume específico do estado inicial e a massa de ar em evolução;
 - A taxa de compressão;
 - O trabalho, o calor e a energia interna envolvida em cada processo do ciclo;
 - O trabalho útil do ciclo;
 - O rendimento termodinâmico.

HIPÓTESES SIMPLIFICADORA

- O fluido operante é o ar (gás perfeito);
 - O combustível é apenas o agente fornecedor de calor;
 - O calor específico é considerado constante, $c_p = 0,24 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{K}$ e $C_v = 0,1715 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{K}$;
 - A constante do gás, ar e $R = 29,28 \frac{\text{Kgf} \cdot \text{m}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{K}}$
 - A massa de ar é fixa;
 - O ciclo retorna ao estado inicial pela rejeição de calor, nenhuma massa atravessa a fronteira;
 - Todos os processos são inteiramente reversíveis.
- 02) Um sistema fechado executa um ciclo composto de três processos. Durante o primeiro processo 8 KJ de calor é transferido ao sistema enquanto o sistema faz 2KJ de trabalho. O segundo processo é adiabático. durante o terceiro processo 3 KJ de trabalho é introduzido no sistema, e a energia total do sistema cai e KJ. Determine a variação da energia total do sistema durante o primeiro e o segundo processo; o calor transferido no último processo e o trabalho no segundo processo.

TERMODINÂMICA

Prof. Dr. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS

LISTA No. 08

- 1) Vapor d'água entra em uma turbina operando em regime permanente com uma taxa de 4600 Kg/h. A turbina desenvolve uma potência de saída de 1000 KW. Na entrada a pressão é de 60 bar, a temperatura é 400^oC e a velocidade é 10 m/s. Na saída a pressão é 0,1 bar, o título é 90% e a velocidade é 50 m/s. Calcular a taxa de transferência de calor entre a turbina e a vizinhança.
- 2) Ar entra em um compressor operando em regime permanente a uma pressão de 1 bar, a temperatura de 290^oK e velocidade de 6 m/s através de uma área de entrada de 0,1 m². Na saída, a pressão é 7 bar, a temperatura é 450^oK e a velocidade é 2 m/s. Calor é transferido do compressor para a vizinhança a uma taxa de 180 KJ/min. Calcule a potência necessária.
- 3) Um aquecedor aberto (água líquida + vapor), opera em regime permanente com líquido entrando a T = 40^oC e P = 7 bar e vapor entrando T = 200^oC e P = 7 bar. Água líquida saturada sai a uma pressão de 7 bar. Ignorando a troca de calor com a vizinhança e os efeitos da energia cinética e potencial, determine a razão entre descarga de água líquida e vapor d'água.
- 4) Uma linha de distribuição de vapor transporta vapor saturado úmido a 20 bar. Uma pequena fração de vapor é sangrada através de uma válvula de estrangulamento para um calorímetro que descarrega para a atmosfera a 1 bar. A temperatura de saída do vapor é medida e acusa 120^oC. Determine o título do vapor na linha de distribuição.

OBS.: 1 bar = 102 KPa

- 5) Um recipiente rígido de 0,5m³ contém 100 kg de água a -4^o C. O sistema é aquecido até a temperatura de 100^o C.
 - a) Esquematize o processo no diagrama T.s;
 - b) Qual o calor transferido no processo;
 - c) Se o processo fosse realizado até a pressão de 35 MPa, qual a temperatura final do processo.
- 6) Um cilindro com embolo móvel contém 0,1 kg de argônio a T = 27^o C e 1 kgf/m². O sistema é comprimido adiabaticamente até 0,01 m³, depois o sistema expande-se isobaricamente até 0,03 m³ e em seguida rejeita 120 Kcal/kg de calor retornando ao estado inicial.
 - a) Esquematizar o ciclo no diagrama P.v;
 - b) Calcular o trabalho, o calor e a variação de energia interna em cada processo.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS / USP
SEM-233 - TERMODINÂMICA
PROF. DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS
LISTA No. 09

- 1) Um tanque rígido contém inicialmente 0,5 Kg de vapor a 800 KPa e 280° C e é conectado através de uma válvula isolada a uma linha de distribuição de vapor que é capaz de fornecer vapor e pressão e temperatura constante de 1,4 MPa e 280° C, respectivamente. A válvula é aberta fornecendo vapor ao tanque suavemente até que a pressão e a temperatura interna seja 1,2 MPa e 280° C. Determine a massa de vapor final no tanque e a quantidade de calor que deve ser transferida do ou para o vapor no tanque durante o processo.

- 2) Um dispositivo cilindro-pistão isolado tem um volume inicial de 1,2 m³ e contém ar a 400 KPa e 200° C. Ar é fornecido ao cilindro a 600 KPa e 150° C através de uma válvula. O pistão é controlado de tal maneira que a pressão do ar no cilindro permanece constante a 400 KPa durante o processo de enchimento. O processo de enchimento termina quando o volume final é o dobro do inicial. Determine a temperatura final do ar no cilindro e a massa do ar fornecida através da válvula. Considere que não haja atrito entre o pistão e o cilindro.

- 3) Uma panela de pressão doméstica tem um regulador que limita a pressão manométrica interna a 99 KPa. Uma quantidade suficiente de água é adicionada à panela antes do cozimento para garantir que a condição de saturação, prevaleça durante o processo de cozimento. Uma quantidade de calor inicial é fornecida a panela até que ela alcance a pressão de operação. Ai então o fornecimento de calor é reduzido para eliminar a perda excessiva de umidade através da válvula reguladora. Supondo que quando a condição de operação é alcançada a panela

contenha 0,25 Kg da mistura de água líquida e vapor que o volume da panela seja $0,004 \text{ m}^3$. Considere $P_{atm} = 101 \text{ KPa}$.

Determine:

- a) Temperatura de cozimento
- b) A massa de líquido e a massa de vapor no momento que a condição operante é alcançada
- c) A taxa de transferência de calor máxima permissível para que a massa de líquido, na panela, após 20 min de operação, seja igual a metade da massa de líquido inicial.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
PROF. DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS
SEM-233 - TERMODINÂMICA I

LISTA No. 10

- 01 - Apresente as equações da conservação da massa e da energia para sistemas realizando processos e ciclos e para volume de controle realizando processos em regime permanente e em fluxo uniforme. Explique o significado de cada termo da equação.
- 02 - Observe um refrigerador doméstico em funcionamento, esquematize os componentes do circuito frigorífico e com o auxílio de uma tabela ou diagrama de propriedades do FREON-12, monte o ciclo de refrigeração nos diagramas T-S e P-h explicando o que acontece termodinamicamente em cada componente. Não se detenha no ciclo ideal, procure acompanhar tanto quanto possível o ciclo real.
- 03 - Um açougueiro diz para você que o compressor da sua câmara frigorífica frequentemente trava, fazendo a correia deslizar e deslizando assim a chave magnética do motor. Muitas vezes quando re-armada a chave magnética, o motor tenta dar a partida e pára. Quais são as hipóteses prováveis do problema e como se certificar da causa.
- 04 - Explique o funcionamento dos dispositivos relacionados e a fundamentação termodinâmica dos processos que ocorrem neles.
- purgador de vapor
 - válvula de expansão ou redutora de pressão
 - tubo capilar
 - pasteurizador de leite
 - panela de cocção a vapor
 - carburador do motor a combustão interna
 - pressostato
 - termostato

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - SEM
SEM-233 - TERMODINÂMICA APLICADA

LISTA No. 11

- 01) Considere uma máquina térmica que opere num ciclo de Carnot, usando vapor d'água como fluido de trabalho e com eficiência de 20%. Transfere-se calor para o fluido a 250°C e, durante o processo, o fluido passa de líquido saturado para vapor saturado seco.
- Mostre o ciclo num diagrama $T \times S$;
 - Calcule o título no início e no fim do processo de rejeição de calor;
 - Calcule o trabalho por Kg de vapor.
- 02) Um refrigerador de Carnot utiliza FREON-12 como fluido de trabalho. O FREON rejeita calor a 35°C e durante este processo passa de vapor saturado a líquido saturado. A transferência de calor para o FREON se dá a -20°C .
- Mostre o ciclo num diagrama $T \times s$;
 - Determine o título no início e no fim do processo isotérmico a -20°C .
 - Calcule o coeficiente de eficácia do ciclo.
- 03) Um vaso de pressão contém vapor d'água a 1,5 MPa, 700°K . Uma válvula no topo do vaso é aberta, permitindo o escape do vapor. Supondo que esse processo seja adiabático reversível, determine a fração de vapor que escapou quando o vapor remanescente no vaso for saturado seco.
- 04) Uma máquina de Carnot tem 1 Kg de ar como fluido de trabalho. O calor é recebido a 800°K e rejeitado a 300°K . No início do processo de recebimento de calor a pressão é 0,8 MPa e, durante o processo o volume é triplicado. Calcule o trabalho líquido por Kg de ar.
- 05) O fluxo de FREON-12 num ciclo de refrigeração é 70 Kg/h. As condições de entrada no compressor são 200 KPa e -7°C , e a pressão de saída é 1200 KPa. Supondo que o processo de compressão é adiabático reversível, determinar a potência de acionamento do compressor.
- 06) Uma instalação de turbina a vapor operando em pressão supercrítica é mostrada na Figura. Os processos na turbina e na bomba são ambos adiabáticos reversíveis. Desprezando as variações de energia cinética e potencial, determine:
- O trabalho produzido pela turbina e o estado do fluido na saída;
 - O trabalho de acionamento da bomba e a entalpia do líquido na saída da bomba;
 - A eficiência térmica do ciclo.

LISTA No. 12

- 01) O campo da energia geotérmica, utilizando fontes subterrâneas de água quente e vapor, tem recebido atenção crescente. Considere o suprimento de água líquida saturada a 150°C . Qual é o maior rendimento térmico possível de uma máquina térmica cíclica operando entre essa fonte de energia e o meio ambiente a 21°C ?
- 02) Um refrigerador que opera num ciclo de Carnot, o faz num cômodo onde a temperatura é de 300°K e precisa transferir 2500 Kcal/min de um espaço refrigerado mantido a 245°K . Qual a potência em $|\text{HP}|$ requerida pelo motor?
- 03) Propõe-se aquecer uma casa usando uma bomba de calor. O calor transferido da casa é 50.000 KJ/h . A casa deve ser mantida a 24°C quando a temperatura externa é de -7°C . Qual a menor potência necessária para acionar a bomba?
- 04) Uma máquina cíclica é usada para transferir calor de um reservatório a 550°K para outro a 250°K . Sabe-se que tal máquina retira 340 KJ de calor do reservatório quente, libera 140 KJ de calor para o reservatório frio, e realiza 200 KJ de trabalho. Determinar se a máquina é reversível, irreversível ou impossível.
- 05) Deseja-se produzir refrigeração a 240°K . Dispõe-se de um reservatório à temperatura de 480°K e a temperatura ambiente é de 305°K . Entre o reservatório e o ambiente instala-se uma máquina térmica com a finalidade de gerar trabalho para alimentar o refrigerador. Determinar a relação entre o calor transferido do reservatório e o valor retirado do espaço refrigerado, assumindo-se todos os processos reversíveis.
- 06) Um inventor diz ter desenvolvido um ciclo de potência capaz de produzir um trabalho líquido de 410 KJ a partir do recebimento de 1000 KJ de calor de uma fonte quente a 500°K . O ciclo rejeita calor para o ambiente a 300°K . Avalie esse invento.

$$\text{OBS.: } 1 \text{ hp} = 0,746 \text{ KW} = 1 \text{ hp} = 2685,6 \frac{\text{KJ}}{\text{h}}$$

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
SEM-233 - TERMODINÂMICA I
PROF.DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS
LISTA No. 13

- 01) Nitrogênio a 500 KPa e 400°K está contido em um dispositivo pistão cilindro que tem um volume inicial de 750 cm^3 . O Nitrogênio é aquecido isotermicamente e expande até sua pressão alcançar 100 KPa. Durante o processo é feito um trabalho de 0,55 KJ. Determine se esse processo é internamente reversível ou irreversível e calcule a variação de entropia.
- 02) Um sistema cilindro pistão opera em um ciclo de Carnot com ar. O ar é comprimido isoentropicamente de 100 KPa e 25°C a 1 MPa. Calor é transferido ao ar na taxa de 150 KJ/Kg. Determinar as seguintes quantidades:
- a) O calor rejeitado pelo ar.
 - b) O trabalho líquido produzido pelo sistema.
 - c) A eficiência térmica do ciclo.
 - d) A irreversibilidade do ciclo.
- 03) Uma bomba é usada para elevar água a uma taxa de $50(\text{l}/\text{seg})$. O diâmetro do cano de entrada é 15 cm e o diâmetro do cano de saída é 18 cm. A potência da bomba é 60 kw. A água é retirada de um lago a pressão atmosférica a 20°C , e é descarregada a 100 m acima do nível da água. A bomba é bem isolada. Calcule a temperatura na saída do cano.
- 04) Água entra em um trocador de calor a taxa de 60 kg/seg como um líquido saturado a 50 KPa e sai a 250°C . O aquecimento da água é feito por uma corrente paralela de ar que entra no trocador de calor a 1000°C e sai a 450°C . Assuma o ar como gás ideal. Determine a variação total de entropia associada a esse processo.
- 05) Um ciclo de Carnot usando água, absorve calor de um reservatório a 100°C em uma quantidade tal que a água passa de líquido saturado a vapor saturado. O reservatório de baixa temperatura está a 20°C . Traçar o ciclo no diagrama T-s e determinar o seguinte.
- 1) A eficiência térmica do ciclo.
 - 2) O trabalho líquido do ciclo.
 - 3) O calor trocado em cada processo.
 - 4) O trabalho envolvido em cada processo.
 - 5) A irreversibilidade do ciclo.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS - USP
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA - SEM
SEM-233 - TERMODINÂMICA APLICADA
PROF.DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS

LISTA No. 14

- 01) Calcular a variação de entalpia quando 1 kg de oxigênio é aquecido de 300°K a 1500°K , admitindo-se comportamento de gás perfeito.
- 02) Durante o processo acima a pressão cai de $2,1 \text{ Kgf/cm}^2$ para $1,4 \text{ kgf/cm}^2$. Calcular a variação de entropia por Kg.
- 03) Calcular a variação de entropia por quilo de ar quando este é aquecido de 300°K a 667°K , enquanto a pressão cai de $3,75 \text{ kgf/cm}^2$ para 3 kgf/cm^2 .
- 04) Comprime-se nitrogênio dentro de um cilindro em um processo reversível de 1 Kgf/cm^2 e 15°C a 4 Kgf/cm^2 . Durante o processo de compressão a relação entre pressão e volume é $PV^{1,3} = \text{cte}$. Calcular o trabalho e a transferência de calor por Kg e mostrar o processo nos diagramas P-v e T-s.
- 05) Um cilindro equipado com um êmbolo tem um volume inicial de 55 dm^3 e contém nitrogênio a $1,36 \text{ Kgf/cm}^2$, 27°C . O êmbolo comprime o nitrogênio até a pressão de 11 Kgf/cm^2 , na temperatura de 150°C . Durante a compressão, é transferido calor do nitrogênio e o trabalho efetuado sobre este é de $2,30 \text{ Kcal}$.
- 06) Calcular o trabalho por Kg para bombear água isoentropicamente de 700 KPa , 27°C até 7 MPa .
- 07) Uma turbina a vapor recebe a água a 600 KPa a 250°C . O vapor sai da turbina à pressão de 15 KPa . O trabalho produzido na turbina é $377,3 \text{ KJ/Kg}$ de vapor. Determine a eficiência da turbina.

ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
SEM-233 - TERMODINÂMICA I
PROF. DR. ANTONIO MOREIRA DOS SANTOS
LISTA No. 15

- 01) - Um tanque com volume de 6 m contém vapor d'água saturado à pressão de 1,4 Kgf/cm². Numa linha conectada ao tanque escoo vapor d'água a 7 Kgf/cm², 200°C. O vapor da linha entra no tanque até que a pressão neste seja de 7 Kgf/cm². Supondo que não haja transferência de calor no tanque e que o calor específico do mesmo seja desprezível, calcular a massa de vapor que entra no tanque.
- 02) - Um vaso de pressão com volume de 0,850 m³ contém vapor d'água saturado a 260°C. O vaso contém inicialmente, 50% de vapor e 50% de líquido em volume. O líquido é retirado lentamente pelo fundo e é transferido calor para o tanque, a fim de manter constante a temperatura. Determinar a quantidade de calor transferida, quando metade do conteúdo do tanque tiver sido removido.
- 03) - Um tanque de armazenamento à baixa temperatura, com 2801 de capacidade, contém inicialmente nitrogênio a 1 Kgf/cm², 80% líquido e 20% vapor em volume. A transferência de calor do meio para o tanque é constante, na razão de 8 Kcal/h e faz crescer a pressão no tanque. Este é dotado de uma válvula de alívio de modo que, quando a pressão atinge 5 Kgf/cm², descarrega-se vapor saturado para o meio na quantidade necessária para manter a pressão.
- a) Que quantidade de massa terá sido descarregada no tanque quando este contiver 50% de líquido e 50% de vapor em volume a 5 Kgf/cm² ?
- b) Quanto tempo leva para que esse estado seja atingido?
- 04) - Um inventor afirma ter desenvolvido uma unidade de refrigeração que mantém o espaço refrigerado a -7°C, operando num compartimento onde a temperatura é de 27°C, com um coeficiente de eficácia de 8,5. Como você avalia essa afirmativa? Como você avaliaria uma afirmativa de coeficiente de eficácia de 8,0?

- 05) - Uma bomba de calor deve ser usada para aquecer uma casa no inverno e então invertida para resfriar a mesma casa no verão. A temperatura interna deve ser mantida em 21°C . A transferência de calor através das paredes e do teto é estimada em 170 Kcal por grau de diferença de temperatura entre o interior da casa e o exterior.
- Se a temperatura externa no inverno for de 5°C , qual a potência mínima requerida para acionar a bomba?
 - Se a potência for a mesma da parte a), qual a máxima temperatura externa para a qual o interior pode ser mantido a 21°C ?
- 06) - Comprime-se gás argônio num cilindro a 1 Kgf/cm^2 , 27°C de modo reversível até 4 Kgf/cm^2 . Calcular o trabalho requerido por Kg se o processo for
- Adiabático
 - Isotérmico
 - Politrópico com $n = 1,30$.
- 07) - Um cilindro com êmbolo sem atrito contém ar. Inicialmente existem $0,3\text{ m}^3$ de ar a $1,5\text{ Kgf/cm}^2$, 20°C . O ar é então comprimido de modo reversível segundo a relação $PV^M = \text{constante}$ até que a pressão final seja de 6 Kgf/cm^2 , quando a temperatura é de 120 C . Determinar para esse processo
- O expoente politrópico n
 - O volume final de ar
 - O trabalho realizado sobre o ar e o calor transferido
 - a variação líquida de entropia em Kcal/ K.
- 08) - A expansão dos gases de descarga num motor de combustão interna pode ser razoavelmente representada por uma expansão politrópica. Considere o ar contido num cilindro de volume igual a 80 cm^3 , a 70 Kgf/cm^2 e 1700 K . O ar se expande num processo politrópico reversível com expoente $n = 1,30$, numa razão de volumes de 8:1. Mostre o processo em diagramas P-v e T-s e calcule o trabalho realizado e o calor trocado.
- 09) - A fim de reduzir a poluição decorrente da descarga dos automóveis foi proposta a utilização de um pequeno compressor centrífugo para receber ar ambiente a 1 Kgf/cm^2 , 27°C , comprimi-lo a $1,4\text{ Kgf/cm}^2$ e descarregá-lo nos gases de descarga do motor. Estima-se que o compressor requeira $1,5\text{ m}^3/\text{min}$ de ar nas condições de entrada. Determinar a potência necessária para o acionamento do compressor.