

INDICE

Capítulo 1. Introducción	
1.1. introducción	1
1.2. conceptos básicos y modelado termodinámico	5
1.3. leyes fundamentales de la termodinámica	18
1.4. sistemas y procesos termodinámico típicos	23
1.5. Relación entre la termodinámica y las necesidades de energía	32
1.6. Procedimiento sistemático para la resolución de problemas de termodinámica	37
1.7. Resumen	39
Referencias	41
Peguntas	41
Problemas	42
Capítulo 2. Cantidades y unidades termodinámicas	
2.1. Introducción	48
2.2. propiedades termodinámicas	49
2.3. interacciones de trabajo y calor	54
2.4. dimensiones y unidades	61
2.5. Resumen	
Referencias	76
Peguntas	77
Problemas	78
Capítulo 3. Propiedades de una sustancias pura	
3.1. Introducción	85
3.2. Especificación del estado termodinámico de los sistemas	86
3.3. las sustancias puras y la regla de dos propiedades	89
3.4. relaciones pvT para las sustancias puras	93
3.5. tablas de las propiedades termodinámicas	105
3.5.1. Región de vapor sobrecalentado	106
3.5.2. Liquido-vapor saturado y región de vapor húmedo	109
3.5.3. Región de liquido comprimido o subenfriado	114
3.5.4. Región de la mezcla saturada sólido-vapor	117
3.5.5. Región de sólido comprimido	119
3.6. Procedimientos sistemático para la lectura de las tablas de propiedades	121
3.7. Rutinas de computador para las propiedades termodinámicas	122
3.8. Resumen	
Referencias	123
Peguntas	124
Problemas	126
Capítulo 4. Gas ideal y gas real	131
4.1. Definición de gas ideal	
	134
4.2. Comparación de los gases ideales con los gases reales	
4.3. Energía interna y entalpía de los gases ideales	137
4.4. Calores específicos de los gases ideales	137
4.5. Tablas de gas ideal y rutinas de computador	
4.6. Principio de estados correspondientes y graficas de	142

comprensibilidad	
4.7. Ecuaciones de estado para los gases reales	
4.7.1. Ecuación de van der Waals	146
4.7.2. Ecuación de Beattie-Bridgeman	148
4.7.3. Ecuación de Redlich-Kwong	149
4.7.4. Forma viral de la ecuación de estado	151
4.8. Resumen	153
Referencias	
Peguntas	154
Problemas	155
Capítulo 5. Procesos, trabajo y calor	
5.1. introducción	161
5.2. Procesos	162
5.3. Trabajo	
5.3.1. Definiciones del trabajo	165
5.3.2. trabajo de desplazamiento mecánico	171
5.3.3. trabajo motor mecánico	185
5.3.4. Trabajo eléctrico	188
5.3.5. Otros tipos de trabajo	
5.4. Calor	190
5.4.1. Definición de calor	
5.4.2. El calor desde una perspectiva fenomenológica	191
5.4.3. Comparación de calor con trabajo	197
5.5. Resumen	
Referencias	198
Peguntas	199
Problemas	201
Capítulo 6. Primera ley de la dinámica	
6.1. Introducción	208
6.2. Producción de un efecto de calentamiento por medio del trabajo	
6.3. Primera ley de la termodinámica para un sistema cerrado	210
6.4. Ejemplos de la primera ley aplicada a un sistema cerrado	216
6.5. Primera ley de la termodinámica para un volumen de control (sistema abierto)	226
6.6. Ejemplos de la primera ley aplicada a un volumen de control	233
6.7. Resumen	245
Referencias	
Peguntas	246
Problemas	248
Capítulo 7. La segunda ley de la termodinámica	
7.1. introducción	258
7.2. Depósitos, maquinas de calor y refrigeradores	260
7.3. Enunciados de la segunda ley	266
7.4. Maquinas de movimiento perpetuo	
7.5. Reversibles e irreversibles	269
7.6. Ciclo Carnot	270
7.7. Algunos corolarios de la segunda ley	273
7.7.1. Maquinas con el ciclo Carnot que funcionan entre dos depósitos	274
7.7.2. Corolario respecto a la escala de temperatura termodinámica	277

7.7.3. Eficiencia de los dispositivos Carnot	278
7.7.4. Desigualdad de Clausius	279
7.8. Resumen	284
Referencias	
Peguntas	285
Problemas	287
Capítulo 8. Entropía	
8.1. introducción	293
8.2. La entropía como una propiedad	294
8.3. la entropía y la tercera ley de la termodinámica	
8.4. la primera y la segunda ley combinadas	296
8.5. cambio de entropía de un sustancia pura	298
8.6. Proceso isentrópico	303
8.7. diagrama T-S del ciclo de Carnot	314
8.8. principio del incremento de entropía para un sistema cerrado	318
8.9. principio del incremento de entropía para un volumen de control	324
8.10. eficiencia de dispositivos	338
8.11. Resumen	
Referencias	343
Peguntas	
Problemas	344
Capítulo 9. Disponibilidad termodinámica	
9.1. Introducción	353
9.2. exergía en procesos sin flujo	
9.2.1. expresiones para la exergía de un sistema cerrado	361
9.2.2. equivalencia entre foras de energía mecánica y exergía	373
9.2.3. flujo de exergía (XQ) asociado? Con el flujo de calor (Q)	376
9.2.4. consumo de exergía y generación de entropía	386
9.3. exergía en procesos de flujo estable	
9.3.1. expresiones para la exergía en procesos de flujo estable	390
9.3.2. disipación de exergía y generación de entropía	397
9.3.3. expresiones alternativas para la velocidad de flujo de exergía asociado con un flujo de masa	399
9.4. flujo de exergía y ciclos termodinámicos óptimos	402
9.5. Resumen	407
Referencias	408
Preguntas	409
Problemas	410
Capítulo 10. Termodinámica de los ciclos de las maquinas de calor	
10.1. Introducción	418
10.2. modelado termodinámico de las maquinas de calor	421
10.2.1. Ciclos de maquinas de calor ideales	422
10.2.2. criterios de rendimiento para maquinas de calor	425
10.2.3. procedimientos para el análisis del ciclo de maquinas de calor	
10.3. ciclos de energía de vapor	432
10.3.1. Análisis termodinámico del ciclo Rankine básico	433
10.3.2. modificaciones al ciclo Rankine básico	444
10.4. ciclos de energía de gas (turbina)	461
10.4.1. turbina de gas simple	462

10.4.2. modificaciones al ciclo básico de una turbina de gas	477
10.5. Motores de combustión interna alternativos	
10.5.1. principio de funcionamiento	480
10.5.2. ciclo Otto de aire estándar y ciclo Diesel	485
10.6. ciclos de potencia óptimos	506
10.7. Resumen	518
Referencias	520
Preguntas	
Problemas	521
Capítulo 11. Ciclos de refrigeración	
11.1. introducción	537
11.2. Principios de refrigeración	
11.2.1. Principio del enfriamiento evaporativo	538
11.2.2. Ciclos de refrigeración por gas	541
11.2.3. Refrigeración termoeléctrica	543
11.3. evaluación termodinámica de ciclos de refrigeración	
11.3.1. criterios de rendimiento	544
11.3.2. modelado termodinámico de los sistemas de refrigeración y de calefacción	546
11.4. ciclos de compresión de vapor	552
11.5. ciclos de refrigeración por absorción	562
11.6. ciclos de refrigeración por gas con aire estándar	564
11.7. Consideraciones de la segunda ley	566
11.8. Resumen	570
Referencias	571
Preguntas	572
Problemas	573
Capítulo 12. Relaciones entre propiedades termodinámicas	
12.1. Introducción	583
12.2. consideraciones matemáticas	585
12.3. Relaciones de Maxwell	587
12.4. calor específico (a p constante y v constante)	589
12.5. entalpía, energía interna y entropía	592
12.6. ecuación de Clapeyron	595
12.7. coeficientes físicos	597
12.8. desarrollo de tablas de propiedades con base en datos experimentales de sustancias reales	599
12.9. graficas generalizadas para gases reales	
12.9.1. grafica para entalpía	603
12.9.2. grafica para entropía	605
12.10. Resumen	607
Referencias	
Preguntas	608
Problemas	609
Capítulo 13. Mezclas de gas ideal no reactivas	
13.1. Introducción	613
13.2. Leyes aditivas para mezclas de gases ideales	618
13.2.1. relación pVT para mezclas de gases ideales	619
13.2.2. ley de Gibbs-Dalton para mezclas de gas ideal	624

13.3. Mezclas de aire y vapor de agua	636
13.3.1. parámetros de humedad	637
13.3.2. grafica sicrométrica	647
13.3.3. termodinámica de los procesos sicometricos	653
13.3.4. código de computador PSY para e análisis de procesos sicometricos	662
13.4. Resumen	667
Referencias	668
Preguntas	
Problemas	669
Capitulo 14. Combustión	
14.1. Introducción	677
14.2. conservación de masa y especies atómicas	679
14.3. estequiometría de reacciones	681
14.4. procesos de combustión reales	691
14.5. análisis termodinámico de procesos de combustión	695
14.6. análisis según la primera ley de procesos de combustión	697
14.6.1. entalpía de formación	698
14.6.2. entalpía de sustancias químicas	700
14.6.3. entalpía de reacción y poderes caloríficos	703
14.6.4. aplicación de a primera ley a procesos con flujo	707
14.6.5. temperatura de llama adiabática	714
14.7. análisis según la segunda ley	
14.7.1. cambio de entropía en sistemas reactivos	718
14.7.2. análisis de exergía para sistemas reactivos	723
14.8. Resumen	730
Referencias	
Preguntas	732
Problemas	733
Capitulo 15. Equilibrio químico	
15.1. introducción	742
15.2. criterios de equilibrio	
15.3. equilibrio y potencial químico	747
15.4. equilibrio de reacción	749
15.5. constante de equilibrio	752
15.6. composiciones de equilibrio	756
15.7. maximización de la exergía e reacciones químicas	770
15.8. Resumen	
Referencias	774
Preguntas	
Problemas	775
Apéndice A. Tablas de propiedades y constantes en unidades SI	A1
Apéndice B. Tablas de propiedades en unidades del sistema ingles	A59
Apéndice C. Graficas generalizadas y graficas sicométricas	A131
Apéndice D: Códigos de computador para las propiedades termodinámicas de sustancias comunes encontradas en aplicaciones de ingeniería	A141
Respuestas A problemas seleccionados	A157
Índice de materias	I.1

