

Plan 210 Ing. Ind.

Asignatura 16004 TERMODINAMICA TECNICA I

Grupo 1

Presentación

El programa de la asignatura Termodinámica Técnica I se centra en el estudio de los fundamentos de la Termodinámica, lo que se conoce como Termodinámica Básica, con un enfoque dirigido al ámbito de la Ingeniería Industrial. El modo de abordar el programa se enmarca dentro de la llamada Termodinámica Clásica o Termodinámica del Equilibrio, con un enfoque macroscópico.

Programa Básico

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.
2. PRINCIPIO CERO (I): TEMPERATURA.
3. PRINCIPIO CERO (II): LA ECUACIÓN TÉRMICA DE ESTADO.
4. PRINCIPIO CERO (III): ECUACIONES TÉRMICAS DE ESTADO DE FLUIDOS PUROS.
5. PRIMER PRINCIPIO (I): TRABAJO, CALOR Y ENERGÍA INTERNA.
6. PRIMER PRINCIPIO (II): PROPIEDADES CALÓRICAS Y PROCESOS FUNDAMENTALES.
7. PRIMER PRINCIPIO (III): SISTEMAS ABIERTOS.
8. SEGUNDO PRINCIPIO (I): TRANSFORMABILIDAD DE LA ENERGÍA Y REVERSIBILIDAD.
9. SEGUNDO PRINCIPIO (II): LA FUNCIÓN ENTROPÍA.
10. SEGUNDO PRINCIPIO (III): BALANCES DE ENTROPÍA.
11. SEGUNDO PRINCIPIO (IV): RELACIONES FUNDAMENTALES DE LA TERMODINÁMICA.
12. ANÁLISIS EXERGÉTICO: EL CONCEPTO DE EXERGÍA Y SU CÁLCULO.

Objetivos

El objetivo de la asignatura es la presentación de los Principios de la Termodinámica de una forma que permita al alumno su aplicación directa a diferentes sistemas de la Ingeniería.

Programa de Teoría

Lección 1: CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

La Termodinámica como ciencia: objeto, ámbito, enfoques, génesis, evolución histórica, campos de aplicación.- Sistema termodinámico. Paredes termodinámicas.- Estado de un sistema termodinámico. Variables termodinámicas. Clasificación.- El estado de equilibrio termodinámico.- Procesos termodinámicos.-

Lección 2: PRINCIPIO CERO (I): TEMPERATURA.

El equilibrio térmico.- Concepto de temperatura.- Medida de la temperatura. Escalas empíricas. Diferentes tipos de termómetros.- El termómetro de gas. La temperatura de gas ideal. Otras escalas termométricas.- Termometría de contacto. El termómetro de columna de líquido. El termómetro de resistencia eléctrica. El termopar.- Termometría de radiación.- Escala Internacional de Temperatura (EIT-90, ITS-90).-

Lección 3: PRINCIPIO CERO (II): LA ECUACIÓN TÉRMICA DE ESTADO.

La ecuación térmica de estado. Comportamiento térmico de una sustancia pura: la superficie pvT.- Coeficientes térmicos de un sistema. Coeficiente de dilatación térmica. Coeficiente de compresibilidad. Coeficiente piezotérmico. Relaciones entre los coeficientes térmicos.-

Lección 4: PRINCIPIO CERO (III): ECUACIONES TÉRMICAS DE ESTADO DE FLUIDOS PUROS.

Ecuación de estado del virial. Ecuación térmica de estado del gas ideal. Factor de compresibilidad.- Ecuaciones de estado cúbicas: estudio de la ecuación de Van der Waals.- El teorema de los estados correspondientes. Ecuaciones de estado reducidas generalizadas para fluidos.-

Lección 5: PRIMER PRINCIPIO (I): TRABAJO, CALOR Y ENERGÍA INTERNA.

Trabajo termodinámico. Conceptos de trabajo disipado y trabajo útil. Expresión generalizada del trabajo termodinámico.- La función energía interna. El concepto de calor.- Expresión del Primer Principio para sistemas cerrados en reposo y en movimiento.- La función entalpía.-

Lección 6: PRIMER PRINCIPIO (II): PROPIEDADES CALÓRICAS Y PROCESOS FUNDAMENTALES.

Propiedades calóricas o energéticas de un sistema termodinámico.- Cálculo de las capacidades caloríficas de un fluido. Relación de Mayer generalizada.- La energía interna de un gas ideal: Ley de Joule. La entalpía de un gas ideal.- Procesos fundamentales de la Termodinámica. Procesos politrópicos. Procesos cíclicos en sistemas cerrados.-

Lección 7: PRIMER PRINCIPIO (III): SISTEMAS ABIERTOS.

Procesos no estacionarios en sistemas abiertos: balances de masa y energía en el volumen de control de un sistema abierto.- El Primer Principio para sistemas abiertos en régimen estacionario. Significado del trabajo técnico en un flujo estacionario no disipativo.- Aplicación: estudio del efecto Joule-Thomson (Kelvin).-

Lección 8: SEGUNDO PRINCIPIO (I): TRANSFORMABILIDAD DE LA ENERGÍA Y REVERSIBILIDAD.

La transformabilidad de la energía. El concepto de rendimiento energético o térmico.- Formulación del Segundo Principio de la Termodinámica: Enunciados de Kelvin-Planck y de Clausius. Ejemplos de procesos cíclicos en motores térmicos y en máquinas frigoríficas.- Los conceptos de reversibilidad e irreversibilidad. Diferentes tipos de irreversibilidad. Ejemplos de procesos irreversibles.- Condiciones necesarias para la reversibilidad.-

Lección 9: SEGUNDO PRINCIPIO (II): LA FUNCIÓN ENTROPÍA.

El ciclo de Carnot. El teorema de Carnot.- Escala termodinámica de temperatura o escala Kelvin. El cero absoluto.- Igualdad de la escala de temperatura de gas ideal y de la escala Kelvin.- Teorema de Clausius. La función entropía.- La entropía de un gas ideal.- El diagrama T-S.- Interpretación microscópica de la entropía.-

Lección 10: SEGUNDO PRINCIPIO (III): BALANCES DE ENTROPÍA.

Irreversibilidad térmica y balance entrópico. Los conceptos de generación entrópica y flujo entrópico.- Irreversibilidad en procesos adiabáticos y balance entrópico. Generación entrópica.- Expresión matemática del Segundo Principio de la Termodinámica.- Las condiciones de trabajo máximo en procesos cíclicos y en procesos no cíclicos.- Balance de entropía en el volumen de control de un sistema abierto no estacionario. Simplificación para régimen estacionario.-

Lección 11: ANÁLISIS EXERGÉTICO: EL CONCEPTO DE EXERGÍA Y SU CÁLCULO.

Los conceptos de exergía y de anergía.- Exergía y anergía de las diferentes formas de energías mecánicas y térmicas.- El concepto de exergía destruida. Balances de exergía.- El concepto de rendimiento exergético.-

Programa Práctico

El programa de prácticas de la asignatura consiste en la realización, en grupos de 4 alumnos, de algunas de las siguientes prácticas:

- Calibración de una termorresistencia de Platino.
- Calibración de un termopar.
- Ecuación térmica de estado de un gas ideal.
- Ecuación térmica de estado de una sustancia pura.
- Determinación del coeficiente adiabático del aire.
- Determinación de la capacidad calorífica de líquidos.
- Determinación de la capacidad calorífica de sólidos.
- Estudio cuantitativo del efecto Joule-Thomson.

Las prácticas consisten en una única sesión de unas 3-4 horas, y se realizan en horario de mañana o tarde.

Evaluación

PRÁCTICAS: Obligatorias. Memoria de prácticas.

Examen escrito (10 pts) Consta de teoría (cuestiones) (5 pts) y problemas (5 pts).

Memoria de prácticas (0,8 pts)

Nota= examen escrito + memoria de prácticas

Nota mínima (problemas y teoría): 1,8 sobre 5

- * H.D. Baehr. (1992). "Thermodynamik", Springer.
- * Y.A. Çengel y M.A. Boles (1996). "Termodinámica", Tomos 1 y 2, McGraw-Hill.
- * J.H. Howell y R. O. Buckius (1990). "Principios de Termodinámica para Ingenieros", McGraw-Hill.
- * J.B. Jones y G.A. Hawkins (1986). "Engineering Thermodynamics", Wiley.
- * L. D. Russell y G. A. Adebisi. (1997). "Termodinámica Clásica", Addison Wesley.
- * M.J. Morán y H.N. Shapiro (1993). "Fundamentos de Termodinámica Técnica", Reverté.
- * J.M. Sala Lizarraga (1987). "Termodinámica Fundamental I", "Termodinámica Fundamental y Técnica II", Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- * J.M. Smith, H.C. Van Ness y M.M. Abbott (1997). "Introducción a la Termodinámica de la Ingeniería Química", McGraw-Hill.
- * K. Wark (1991). "Termodinámica", McGraw-Hill.
- * M.W. Zemansky, M.M. Abbott y H.C. Van Ness (1975*). "Basic Engineering Thermodynamics", McGraw-Hill.

LIBROS DE PROBLEMAS

- * M.M. Abbott y H.C. Van Ness (1991). "Termodinámica", Schaum, McGraw-Hill.
 - * T. Andrianova, B. Dzampov, V. Zubarev y S. Remizov (1984). "Problemas de Termodinámica Técnica", Mir.
 - * L. Borel, D.L. Nguyen y M. Batato (1987). "Thermodynamique et Énergétique. Problèmes résolus et exercices", Presses Polytechniques Romandes.
 - * G. Boxer (1979). "Termodinámica Técnica: teoría, ejemplos resueltos y problemas", Reverté.
 - * J.M. Lacalle, R. Nieto y C. González (1993). "Problemas de Termodinámica", Sección de Publicaciones de la E.T.S.I.I de la UPM.
 - * M.C. Potter y C.W. Somerton (1993). "Theory and Problems of Engineering Thermodynamics", Schaum, McGraw-Hill, New York.
 - * A. Ribes, J.L. Gómez Ribelles y R. Díaz Calleja. "Problemas de Termodinámica y Fisicoquímica" (2 tomos). Sección de Publicaciones, ETSII Valencia.
 - * J.M. Sala Lizarraga y F. Jiménez Montalvo (1986). "Problemas de Termodinámica" Tomos I y II. Servicio de Publicaciones de la E.T.S.I.I. de Bilbao.
-

Presentación

El programa de la asignatura Termodinámica Técnica I se centra en el estudio de los fundamentos de la Termodinámica, lo que se conoce como Termodinámica Básica, con un enfoque dirigido al ámbito de la Ingeniería Industrial. El modo de abordar el programa se enmarca dentro de la llamada Termodinámica Clásica o Termodinámica del Equilibrio, con un enfoque macroscópico.

Programa Básico

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.
2. PRINCIPIO CERO (I): TEMPERATURA.
3. PRINCIPIO CERO (II): LA ECUACIÓN TÉRMICA DE ESTADO.
4. PRINCIPIO CERO (III): ECUACIONES TÉRMICAS DE ESTADO DE FLUIDOS PUROS.
5. PRIMER PRINCIPIO (I): TRABAJO, CALOR Y ENERGÍA INTERNA.
6. PRIMER PRINCIPIO (II): PROPIEDADES CALÓRICAS Y PROCESOS FUNDAMENTALES.
7. PRIMER PRINCIPIO (III): SISTEMAS ABIERTOS.
8. SEGUNDO PRINCIPIO (I): TRANSFORMABILIDAD DE LA ENERGÍA Y REVERSIBILIDAD.
9. SEGUNDO PRINCIPIO (II): LA FUNCIÓN ENTROPÍA.
10. SEGUNDO PRINCIPIO (III): BALANCES DE ENTROPÍA.
11. SEGUNDO PRINCIPIO (IV): RELACIONES FUNDAMENTALES DE LA TERMODINÁMICA.
12. ANÁLISIS EXERGÉTICO: EL CONCEPTO DE EXERGÍA Y SU CÁLCULO.

Objetivos

El objetivo de la asignatura es la presentación de los Principios de la Termodinámica de una forma que permita al alumno su aplicación directa a diferentes sistemas de la Ingeniería.

Programa de Teoría

Lección 1: CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

La Termodinámica como ciencia: objeto, ámbito, enfoques, génesis, evolución histórica, campos de aplicación.- Sistema termodinámico. Paredes termodinámicas.- Estado de un sistema termodinámico. Variables termodinámicas. Clasificación.- El estado de equilibrio termodinámico.- Procesos termodinámicos.-

Lección 2: PRINCIPIO CERO (I): TEMPERATURA.

El equilibrio térmico.- Concepto de temperatura.- Medida de la temperatura. Escalas empíricas. Diferentes tipos de termómetros.- El termómetro de gas. La temperatura de gas ideal. Otras escalas termométricas.- Termometría de contacto. El termómetro de columna de líquido. El termómetro de resistencia eléctrica. El termopar.- Termometría de radiación.- Escala Internacional de Temperatura (EIT-90, ITS-90).-

Lección 3: PRINCIPIO CERO (II): LA ECUACIÓN TÉRMICA DE ESTADO.

La ecuación térmica de estado. Comportamiento térmico de una sustancia pura: la superficie $p-v-T$.- Coeficientes térmicos de un sistema. Coeficiente de dilatación térmica. Coeficiente de compresibilidad. Coeficiente piezotérmico. Relaciones entre los coeficientes térmicos.-

Lección 4: PRINCIPIO CERO (III): ECUACIONES TÉRMICAS DE ESTADO DE FLUIDOS PUROS.

Ecuación de estado del virial. Ecuación térmica de estado del gas ideal. Factor de compresibilidad.- Ecuaciones de estado cúbicas: estudio de la ecuación de Van der Waals.- El teorema de los estados correspondientes. Ecuaciones de estado reducidas generalizadas para fluidos.-

Lección 5: PRIMER PRINCIPIO (I): TRABAJO, CALOR Y ENERGÍA INTERNA.

Trabajo termodinámico. Conceptos de trabajo disipado y trabajo útil. Expresión generalizada del trabajo termodinámico.- La función energía interna. El concepto de calor.- Expresión del Primer Principio para sistemas cerrados en reposo y en movimiento.- La función entalpía.-

Lección 6: PRIMER PRINCIPIO (II): PROPIEDADES CALÓRICAS Y PROCESOS FUNDAMENTALES.

Propiedades calóricas o energéticas de un sistema termodinámico.- Cálculo de las capacidades caloríficas de un fluido. Relación de Mayer generalizada.- La energía interna de un gas ideal: Ley de Joule. La entalpía de un gas ideal.- Procesos fundamentales de la Termodinámica. Procesos politrópicos. Procesos cíclicos en sistemas cerrados.-

Lección 7: PRIMER PRINCIPIO (III): SISTEMAS ABIERTOS.

Procesos no estacionarios en sistemas abiertos: balances de masa y energía en el volumen de control de un sistema abierto.- El Primer Principio para sistemas abiertos en régimen estacionario. Significado del trabajo técnico en un flujo estacionario no disipativo.- Aplicación: estudio del efecto Joule-Thomson (Kelvin).-

Lección 8: SEGUNDO PRINCIPIO (I): TRANSFORMABILIDAD DE LA ENERGÍA Y REVERSIBILIDAD.

La transformabilidad de la energía. El concepto de rendimiento energético o térmico.- Formulación del Segundo Principio de la Termodinámica: Enunciados de Kelvin-Planck y de Clausius. Ejemplos de procesos cíclicos en motores térmicos y en máquinas frigoríficas.- Los conceptos de reversibilidad e irreversibilidad. Diferentes tipos de irreversibilidad. Ejemplos de procesos irreversibles.- Condiciones necesarias para la reversibilidad.-

Lección 9: SEGUNDO PRINCIPIO (II): LA FUNCIÓN ENTROPÍA.

El ciclo de Carnot. El teorema de Carnot.- Escala termodinámica de temperatura o escala Kelvin. El cero absoluto.- Igualdad de la escala de temperatura de gas ideal y de la escala Kelvin.- Teorema de Clausius. La función entropía.- La entropía de un gas ideal.- El diagrama T-S.- Interpretación microscópica de la entropía.-

Lección 10: SEGUNDO PRINCIPIO (III): BALANCES DE ENTROPÍA.

Irreversibilidad térmica y balance entrópico. Los conceptos de generación entrópica y flujo entrópico.- Irreversibilidad en procesos adiabáticos y balance entrópico. Generación entrópica.- Expresión matemática del Segundo Principio de la Termodinámica.- Las condiciones de trabajo máximo en procesos cíclicos y en procesos no cíclicos.- Balance de entropía en el volumen de control de un sistema abierto no estacionario. Simplificación para régimen estacionario.-

Lección 11: ANÁLISIS EXERGÉTICO: EL CONCEPTO DE EXERGÍA Y SU CÁLCULO.

Los conceptos de exergía y de anergía.- Exergía y anergía de las diferentes formas de energías mecánicas y térmicas.- El concepto de exergía destruida. Balances de exergía.- El concepto de rendimiento exergético.-

Programa Práctico

El programa de prácticas de la asignatura consiste en la realización, en grupos de 4 alumnos, de algunas de las siguientes prácticas:

- Calibración de una termorresistencia de Platino.
- Calibración de un termopar.
- Ecuación térmica de estado de un gas ideal.
- Ecuación térmica de estado de una sustancia pura.
- Determinación del coeficiente adiabático del aire.
- Determinación de la capacidad calorífica de líquidos.
- Determinación de la capacidad calorífica de sólidos.
- Estudio cuantitativo del efecto Joule-Thomson.

Las prácticas consisten en una única sesión de unas 3-4 horas, y se realizan en horario de mañana o tarde.

Evaluación

PRÁCTICAS: Obligatorias. Memoria de prácticas.

Examen escrito (10 pts) Consta de teoría (cuestiones) (5 pts) y problemas (5 pts).

Memoria de prácticas (0,8 pts)

Nota= examen escrito + memoria de prácticas

Nota mínima (problemas y teoría): 1,8 sobre 5

Bibliografía

- * H.D. Baehr. (1992). "Thermodynamik", Springer.
- * Y.A. Çengel y M.A. Boles (1996). "Termodinámica", Tomos 1 y 2, McGraw-Hill.
- * J.H. Howell y R. O. Buckius (1990). "Principios de Termodinámica para Ingenieros", McGraw-Hill.

-
- * J.B. Jones y G.A. Hawkins (1986). "Engineering Thermodynamics", Wiley.
 - * L. D. Russell y G. A. Adebisi. (1997). "Termodinámica Clásica", Addison Wesley.
 - * M.J. Morán y H.N. Shapiro (1993). "Fundamentos de Termodinámica Técnica", Reverté.
 - * J.M. Sala Lizarraga (1987). "Termodinámica Fundamental I", "Termodinámica Fundamental y Técnica II", Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
 - * J.M. Smith, H.C. Van Ness y M.M. Abbott (1997). "Introducción a la Termodinámica de la Ingeniería Química", McGraw-Hill.
 - * K. Wark (1991). "Termodinámica", McGraw-Hill.
 - * M.W. Zemansky, M.M. Abbott y H.C. Van Ness (1975*). "Basic Engineering Thermodynamics", McGraw-Hill.

LIBROS DE PROBLEMAS

- * M.M. Abbott y H.C. Van Ness (1991). "Termodinámica", Schaum, McGraw-Hill.
 - * T. Andrianova, B. Dzampov, V. Zubarev y S. Remizov (1984). "Problemas de Termodinámica Técnica", Mir.
 - * L. Borel, D.L. Nguyen y M. Batato (1987). "Thermodynamique et Énergétique. Problèmes résolus et exercices", Presses Polytechniques Romandes.
 - * G. Boxer (1979). "Termodinámica Técnica: teoría, ejemplos resueltos y problemas", Reverté.
 - * J.M. Lacalle, R. Nieto y C. González (1993). "Problemas de Termodinámica", Sección de Publicaciones de la E.T.S.I.I de la UPM.
 - * M.C. Potter y C.W. Somerton (1993). "Theory and Problems of Engineering Thermodynamics", Schaum, McGraw-Hill, New York.
 - * A. Ribes, J.L. Gómez Ribelles y R. Díaz Calleja. "Problemas de Termodinámica y Físicoquímica" (2 tomos). Sección de Publicaciones, ETSII Valencia.
 - * J.M. Sala Lizarraga y F. Jiménez Montalvo (1986). "Problemas de Termodinámica" Tomos I y II. Servicio de Publicaciones de la E.T.S.I.I. de Bilbao.
-