

Plan 210 Ing. Ind.

Asignatura 16011 TERMODINAMICA TECNICA II

Grupo 1

Presentación

Una vez abordado el estudio de los conceptos básicos de la Termodinámica en la asignatura Termodinámica Técnica I, la asignatura Termodinámica Técnica II aplicará los fundamentos estudiados a diferentes sistemas de interés industrial.

Programa Básico

I. REVISIÓN DE LOS FUNDAMENTOS.

II. TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO

III. PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO

IV. TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN

V. TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS

VI. TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS

Objetivos

El objetivo principal es que el alumno sea capaz de aplicar los Principios de la Termodinámica a distintos dispositivos e instalaciones energéticas sencillas, por lo que la asignatura tendrá un carácter eminentemente aplicado, pero sin olvidar un fundamento científico riguroso.

Programa de Teoría

Lección 1: REVISIÓN DE LOS FUNDAMENTOS.

Conceptos básicos.- Principio Cero.- Primer Principio: Balances de masa y de energía en el volumen de control de un sistema abierto. Simplificaciones: régimen estacionario, sistemas cerrados.- Segundo Principio. Reversibilidad e irreversibilidad. Balances de entropía. Balances de exergía.-

Lección 2: PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO (I): PLANTEAMIENTO GENERAL.

Balance energético de un flujo estacionario. La ecuación de Euler-Bernoulli.- Procesos de descarga y procesos de trabajo.- Evolución politrópica de una corriente fluida. Rendimiento politrópico. Procesos de descarga con transmisión de calor. Pérdidas de exergía.- Procesos de descarga adiabáticos. Casos.- Descarga adiabática en conductos de sección variable: toberas y difusores. Ecuaciones generales. Rendimientos isentrópicos.-

Lección 3: PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO (II): MÁQUINAS DE FLUIDO.

Procesos de trabajo en máquinas de fluido.- Expansión adiabática: turbinas.- Compresión adiabática: turbocompresores.- Análisis de la energía disipada, el trabajo perdido y de la exergía destruida en los procesos de expansión y compresión adiabáticos.- Procesos no-adiabáticos de trabajo. Expansión y compresión isotermas.-

Lección 4: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (I): BALANCES DE MATERIA.

Introducción a los procesos de combustión.- Combustibles gaseosos, líquidos y sólidos.- Reacciones básicas de combustión. Estequiometría.- Cálculo del consumo de aire en una combustión.- Cálculo de la cantidad y de la composición del gas de combustión.-

Lección 5: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (II): BALANCES DE ENERGÍA.

Aplicación del Primer Principio a la reacción química de combustión. Poder calorífico de un combustible.- Cálculo de la entalpía del gas de combustión. Utilización del diagrama h-t.- Combustión no adiabática. Rendimiento de una caldera.- Combustión adiabática. Temperatura adiabática de llama.- Entalpías de reacción y de formación.-

Lección 6: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (III): BALANCES DE EXERGÍA.

Aplicación del Segundo Principio a los procesos de combustión. Trabajo máximo en una reacción química reversible.- Teorema de Nernst o Tercer Principio de la Termodinámica. Enunciado de Planck. Cálculo de entropías absolutas.-

Exergía de los combustibles.- Análisis exergético de un proceso de combustión adiabático. Rendimiento exergético.-

Lección 7: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (I): MOTORES DE COMBUSTIÓN EXTERNA-TURBINAS DE VAPOR.

El motor térmico. Situación del motor térmico dentro de las transformaciones de energía. Clasificación.- Tipos de motores de combustión externa. El motor turbina de vapor simple. Análisis energético y exergético global.- Estudio energético y exergético de la caldera de vapor. Estudio energético y exergético del ciclo Clausius-Rankine irreversible. Rendimientos totales.-

Lección 8: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (II): MEJORAS DEL MOTOR TURBINA DE VAPOR SIMPLE.

Limitación del rendimiento exergético total por el título final del vapor húmedo.- Recalentamiento intermedio.- Precalentamiento regenerativo combinado agua de alimentación-aire.- Rendimientos energéticos y exergéticos globales del motor turbina de vapor. Elementos de una central térmica de vapor. Centrales nucleares.-

Lección 9: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (III): MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA-TURBINA DE GAS.

Motores de combustión interna: tipos, elementos, balance de potencias, rendimientos térmico y exergético.- Estudio de la turbina de gas abierta. Ciclo de aire equivalente. Análisis exergético del ciclo Joule-Brayton irreversible.- Mejoras del ciclo Joule-Brayton.- La propulsión por reacción.-

Lección 10: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (IV): SISTEMAS DE ENERGÍA AVANZADOS E INNOVADORES.

Sistemas compuestos de transformación indirecta de energía. Ciclos binarios de vapor. Ciclos combinados gas-vapor. Cogeneración.- Sistemas de transformación directa de energía. La pila de combustible.-

Lección 11: TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS (I): PLANTEAMIENTO EXERGÉTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CALOR Y FRÍO.

Exergía y anergía de los procesos de transmisión de calor.- Planteamiento de base de las técnicas de calefacción y de refrigeración. Necesidades exergéticas.- Calefacción reversible e irreversible. La bomba de calor. La calefacción por resistencia eléctrica. Rendimiento exergético.- La máquina frigorífica. Coeficiente de eficiencia. Planteamiento exergético de los diferentes tipos de máquinas frigoríficas.-

Lección 12: TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS (II): MÁQUINA FRIGORÍFICA DE COMPRESIÓN DE VAPOR.

La máquina frigorífica de compresión mecánica simple de vapor.- Fluidos refrigerantes.- Análisis energético y exergético del ciclo.- Mejoras del proceso cíclico. Máquinas frigoríficas de compresión en varias etapas.- Otras máquinas frigoríficas: el ciclo de absorción simple.-

Lección 13: TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO (I): LA MEZCLA GAS-VAPOR.

Mezcla de gases ideales. Funciones termodinámicas.- Características de las mezclas gas-vapor. Presión de saturación del vapor. Punto de rocío y punto de escarcha.- Características del aire húmedo. Factores de humedad: humedad absoluta, humedad relativa y humedad específica.- Funciones termodinámicas del aire húmedo: volumen y entalpía específicos.-

Lección 14: TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO (II): PROCESOS PSICROMÉTRICOS.

El diagrama h-w de Mollier del aire húmedo. Aplicaciones. Otros diagramas.- Calentamiento o enfriamiento sensible del aire húmedo.- Mezcla de dos corrientes de aire húmedo.- Adición de agua a una corriente de aire húmedo. Temperatura de saturación adiabática.-

Programa Práctico

Los alumnos realizarán en grupos de 4 personas y a lo largo de una única sesión de unas 3 ó 4 horas de duración (en horario de mañana o tarde), algunas de las siguientes prácticas:

- Estudio del funcionamiento de toberas.
- Estudio de una turbina de impulso.
- Motor de aire caliente: Ciclo de Stirling.
- Máquina frigorífica de compresión de vapor.
- Bomba de calor termoeléctrica. (Efecto Peltier)
- Poder calorífico de un combustible.

Evaluación

- Examen escrito:
 - a) Cuestiones: 4 puntos (nota mínima 1.3)
 - b) Problemas: 4 puntos (nota mínima 1.3)

- Realización de prácticas de laboratorio y memoria: 2 puntos (se sumará a la nota del examen escrito en caso de superar la nota mínima de cada parte del mismo)

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, México.
 - * 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. Moran 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, Quinta Edición.
 - * 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", 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.
- 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

Una vez abordado el estudio de los conceptos básicos de la Termodinámica en la asignatura Termodinámica Técnica I, la asignatura Termodinámica Técnica II aplicará los fundamentos estudiados a diferentes sistemas de interés industrial.

Programa Básico

I. REVISIÓN DE LOS FUNDAMENTOS.

II. TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO

III. PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO

IV. TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN

V. TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS

VI. TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS

Objetivos

El objetivo principal es que el alumno sea capaz de aplicar los Principios de la Termodinámica a distintos dispositivos e instalaciones energéticas sencillas, por lo que la asignatura tendrá un carácter eminentemente aplicado, pero sin olvidar un fundamento científico riguroso.

Programa de Teoría

Lección 1: REVISIÓN DE LOS FUNDAMENTOS.

Conceptos básicos.- Principio Cero.- Primer Principio: Balances de masa y de energía en el volumen de control de un sistema abierto. Simplificaciones: régimen estacionario, sistemas cerrados.- Segundo Principio. Reversibilidad e irreversibilidad. Balances de entropía. Balances de exergía.-

Lección 2: PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO (I): PLANTEAMIENTO GENERAL.

Balance energético de un flujo estacionario. La ecuación de Euler-Bernoulli.- Procesos de descarga y procesos de trabajo.- Evolución politrópica de una corriente fluida. Rendimiento politrópico. Procesos de descarga con transmisión de calor. Pérdidas de exergía.- Procesos de descarga adiabáticos. Casos.- Descarga adiabática en conductos de sección variable: toberas y difusores. Ecuaciones generales. Rendimientos isentrópicos.-

Lección 3: PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO (II): MÁQUINAS DE FLUIDO.

Procesos de trabajo en máquinas de fluido.- Expansión adiabática: turbinas.- Compresión adiabática: turbocompresores.- Análisis de la energía disipada, el trabajo perdido y de la exergía destruida en los procesos de expansión y compresión adiabáticos.- Procesos no-adiabáticos de trabajo. Expansión y compresión isotermas.-

Lección 4: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (I): BALANCES DE MATERIA.

Introducción a los procesos de combustión.- Combustibles gaseosos, líquidos y sólidos.- Reacciones básicas de combustión. Estequiometría.- Cálculo del consumo de aire en una combustión.- Cálculo de la cantidad y de la composición del gas de combustión.-

Lección 5: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (II): BALANCES DE ENERGÍA.

Aplicación del Primer Principio a la reacción química de combustión. Poder calorífico de un combustible.- Cálculo de la entalpía del gas de combustión. Utilización del diagrama h-t.- Combustión no adiabática. Rendimiento de una caldera.- Combustión adiabática. Temperatura adiabática de llama.- Entalpías de reacción y de formación.-

Lección 6: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (III): BALANCES DE EXERGÍA.

Aplicación del Segundo Principio a los procesos de combustión. Trabajo máximo en una reacción química reversible.- Teorema de Nernst o Tercer Principio de la Termodinámica. Enunciado de Planck. Cálculo de entropías absolutas.- Exergía de los combustibles.- Análisis exergético de un proceso de combustión adiabático. Rendimiento exergético.-

Lección 7: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (I): MOTORES DE COMBUSTIÓN EXTERNA-TURBINAS DE VAPOR.

El motor térmico. Situación del motor térmico dentro de las transformaciones de energía. Clasificación.- Tipos de

motores de combustión externa. El motor turbina de vapor simple. Análisis energético y exergético global.- Estudio energético y exergético de la caldera de vapor. Estudio energético y exergético del ciclo Clausius-Rankine irreversible. Rendimientos totales.-

Lección 8: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (II): MEJORAS DEL MOTOR TURBINA DE VAPOR SIMPLE.

Limitación del rendimiento exergético total por el título final del vapor húmedo.- Recalentamiento intermedio.- Precalentamiento regenerativo combinado agua de alimentación-aire.- Rendimientos energéticos y exergéticos globales del motor turbina de vapor. Elementos de una central térmica de vapor. Centrales nucleares.-

Lección 9: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (III): MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA-TURBINA DE GAS.

Motores de combustión interna: tipos, elementos, balance de potencias, rendimientos térmico y exergético.- Estudio de la turbina de gas abierta. Ciclo de aire equivalente. Análisis exergético del ciclo Joule-Brayton irreversible.- Mejoras del ciclo Joule-Brayton.- La propulsión por reacción.-

Lección 10: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (IV): SISTEMAS DE ENERGÍA AVANZADOS E INNOVADORES.

Sistemas compuestos de transformación indirecta de energía. Ciclos binarios de vapor. Ciclos combinados gas-vapor. Cogeneración.- Sistemas de transformación directa de energía. La pila de combustible.-

Lección 11: TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS (I): PLANTEAMIENTO EXERGÉTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CALOR Y FRÍO.

Exergía y anergía de los procesos de transmisión de calor.- Planteamiento de base de las técnicas de calefacción y de refrigeración. Necesidades exergéticas.- Calefacción reversible e irreversible. La bomba de calor. La calefacción por resistencia eléctrica. Rendimiento exergético.- La máquina frigorífica. Coeficiente de eficiencia. Planteamiento exergético de los diferentes tipos de máquinas frigoríficas.-

Lección 12: TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS (II): MÁQUINA FRIGORÍFICA DE COMPRESIÓN DE VAPOR.

La máquina frigorífica de compresión mecánica simple de vapor.- Fluidos refrigerantes.- Análisis energético y exergético del ciclo.- Mejoras del proceso cíclico. Máquinas frigoríficas de compresión en varias etapas.- Otras máquinas frigoríficas: el ciclo de absorción simple.-

Lección 13: TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO (I): LA MEZCLA GAS-VAPOR.

Mezcla de gases ideales. Funciones termodinámicas.- Características de las mezclas gas-vapor. Presión de saturación del vapor. Punto de rocío y punto de escarcha.- Características del aire húmedo. Factores de humedad: humedad absoluta, humedad relativa y humedad específica.- Funciones termodinámicas del aire húmedo: volumen y entalpía específicos.-

Lección 14: TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO (II): PROCESOS PSICROMÉTRICOS.

El diagrama h-w de Mollier del aire húmedo. Aplicaciones. Otros diagramas.- Calentamiento o enfriamiento sensible del aire húmedo.- Mezcla de dos corrientes de aire húmedo.- Adición de agua a una corriente de aire húmedo. Temperatura de saturación adiabática.-

Programa Práctico

Los alumnos realizarán en grupos de 4 personas y a lo largo de una única sesión de unas 3 ó 4 horas de duración (en horario de mañana o tarde), algunas de las siguientes prácticas:

- Estudio del funcionamiento de toberas.
- Estudio de una turbina de impulso.
- Motor de aire caliente: Ciclo de Stirling.
- Máquina frigorífica de compresión de vapor.
- Bomba de calor termoeléctrica. (Efecto Peltier)
- Poder calorífico de un combustible.

Evaluación

- Examen escrito:
 - a) Cuestiones: 4 puntos (nota mínima 1.3)
 - b) Problemas: 4 puntos (nota mínima 1.3)
- Realización de prácticas de laboratorio y memoria: 2 puntos (se sumará a la nota del examen escrito en caso de superar la nota mínima de cada parte del mismo)

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, México.
- * 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. Moran 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, Quinta Edición.
- * 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", 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.
- 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

Una vez abordado el estudio de los conceptos básicos de la Termodinámica en la asignatura Termodinámica Técnica I, la asignatura Termodinámica Técnica II aplicará los fundamentos estudiados a diferentes sistemas de interés industrial.

Programa Básico

I. REVISIÓN DE LOS FUNDAMENTOS.

II. TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO

III. PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO

IV. TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN

V. TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS

VI. TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS

Objetivos

El objetivo principal es que el alumno sea capaz de aplicar los Principios de la Termodinámica a distintos dispositivos e instalaciones energéticas sencillas, por lo que la asignatura tendrá un carácter eminentemente aplicado, pero sin olvidar un fundamento científico riguroso.

Programa de Teoría

Lección 1: REVISIÓN DE LOS FUNDAMENTOS.

Conceptos básicos.- Principio Cero.- Primer Principio: Balances de masa y de energía en el volumen de control de un sistema abierto. Simplificaciones: régimen estacionario, sistemas cerrados.- Segundo Principio. Reversibilidad e irreversibilidad. Balances de entropía. Balances de exergía.-

Lección 2: PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO (I): PLANTEAMIENTO GENERAL.

Balance energético de un flujo estacionario. La ecuación de Euler-Bernoulli.- Procesos de descarga y procesos de trabajo.- Evolución politrópica de una corriente fluida. Rendimiento politrópico. Procesos de descarga con transmisión de calor. Pérdidas de exergía.- Procesos de descarga adiabáticos. Casos.- Descarga adiabática en conductos de sección variable: toberas y difusores. Ecuaciones generales. Rendimientos isentrópicos.-

Lección 3: PROCESOS DE FLUJO ESTACIONARIO (II): MÁQUINAS DE FLUIDO.

Procesos de trabajo en máquinas de fluido.- Expansión adiabática: turbinas.- Compresión adiabática: turbocompresores.- Análisis de la energía disipada, el trabajo perdido y de la exergía destruida en los procesos de expansión y compresión adiabáticos.- Procesos no-adiabáticos de trabajo. Expansión y compresión isotermas.-

Lección 4: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (I): BALANCES DE MATERIA.

Introducción a los procesos de combustión.- Combustibles gaseosos, líquidos y sólidos.- Reacciones básicas de combustión. Estequiometría.- Cálculo del consumo de aire en una combustión.- Cálculo de la cantidad y de la composición del gas de combustión.-

Lección 5: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (II): BALANCES DE ENERGÍA.

Aplicación del Primer Principio a la reacción química de combustión. Poder calorífico de un combustible.- Cálculo de la entalpía del gas de combustión. Utilización del diagrama h-t.- Combustión no adiabática. Rendimiento de una caldera.- Combustión adiabática. Temperatura adiabática de llama.- Entalpías de reacción y de formación.-

Lección 6: TERMODINÁMICA DE LA COMBUSTIÓN (III): BALANCES DE EXERGÍA.

Aplicación del Segundo Principio a los procesos de combustión. Trabajo máximo en una reacción química reversible.- Teorema de Nernst o Tercer Principio de la Termodinámica. Enunciado de Planck. Cálculo de entropías absolutas.- Exergía de los combustibles.- Análisis exergético de un proceso de combustión adiabático. Rendimiento exergético.-

Lección 7: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (I): MOTORES DE COMBUSTIÓN EXTERNA-TURBINAS DE VAPOR.

El motor térmico. Situación del motor térmico dentro de las transformaciones de energía. Clasificación.- Tipos de

motores de combustión externa. El motor turbina de vapor simple. Análisis energético y exergético global.- Estudio energético y exergético de la caldera de vapor. Estudio energético y exergético del ciclo Clausius-Rankine irreversible. Rendimientos totales.-

Lección 8: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (II): MEJORAS DEL MOTOR TURBINA DE VAPOR SIMPLE.

Limitación del rendimiento exergético total por el título final del vapor húmedo.- Recalentamiento intermedio.- Precalentamiento regenerativo combinado agua de alimentación-aire.- Rendimientos energéticos y exergéticos globales del motor turbina de vapor. Elementos de una central térmica de vapor. Centrales nucleares.-

Lección 9: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (III): MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA-TURBINA DE GAS.

Motores de combustión interna: tipos, elementos, balance de potencias, rendimientos térmico y exergético.- Estudio de la turbina de gas abierta. Ciclo de aire equivalente. Análisis exergético del ciclo Joule-Brayton irreversible.- Mejoras del ciclo Joule-Brayton.- La propulsión por reacción.-

Lección 10: TERMODINÁMICA DE LOS MOTORES TÉRMICOS (IV): SISTEMAS DE ENERGÍA AVANZADOS E INNOVADORES.

Sistemas compuestos de transformación indirecta de energía. Ciclos binarios de vapor. Ciclos combinados gas-vapor. Cogeneración.- Sistemas de transformación directa de energía. La pila de combustible.-

Lección 11: TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS (I): PLANTEAMIENTO EXERGÉTICO DE LA PRODUCCIÓN DE CALOR Y FRÍO.

Exergía y anergía de los procesos de transmisión de calor.- Planteamiento de base de las técnicas de calefacción y de refrigeración. Necesidades exergéticas.- Calefacción reversible e irreversible. La bomba de calor. La calefacción por resistencia eléctrica. Rendimiento exergético.- La máquina frigorífica. Coeficiente de eficiencia. Planteamiento exergético de los diferentes tipos de máquinas frigoríficas.-

Lección 12: TERMODINÁMICA DE LAS MÁQUINAS FRIGORÍFICAS (II): MÁQUINA FRIGORÍFICA DE COMPRESIÓN DE VAPOR.

La máquina frigorífica de compresión mecánica simple de vapor.- Fluidos refrigerantes.- Análisis energético y exergético del ciclo.- Mejoras del proceso cíclico. Máquinas frigoríficas de compresión en varias etapas.- Otras máquinas frigoríficas: el ciclo de absorción simple.-

Lección 13: TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO (I): LA MEZCLA GAS-VAPOR.

Mezcla de gases ideales. Funciones termodinámicas.- Características de las mezclas gas-vapor. Presión de saturación del vapor. Punto de rocío y punto de escarcha.- Características del aire húmedo. Factores de humedad: humedad absoluta, humedad relativa y humedad específica.- Funciones termodinámicas del aire húmedo: volumen y entalpía específicos.-

Lección 14: TERMODINÁMICA DEL AIRE HÚMEDO (II): PROCESOS PSICROMÉTRICOS.

El diagrama h-w de Mollier del aire húmedo. Aplicaciones. Otros diagramas.- Calentamiento o enfriamiento sensible del aire húmedo.- Mezcla de dos corrientes de aire húmedo.- Adición de agua a una corriente de aire húmedo. Temperatura de saturación adiabática.-

Programa Práctico

Los alumnos realizarán en grupos de 4 personas y a lo largo de una única sesión de unas 3 ó 4 horas de duración (en horario de mañana o tarde), algunas de las siguientes prácticas:

- Estudio del funcionamiento de toberas.
- Estudio de una turbina de impulso.
- Motor de aire caliente: Ciclo de Stirling.
- Máquina frigorífica de compresión de vapor.
- Bomba de calor termoeléctrica. (Efecto Peltier)
- Poder calorífico de un combustible.

Evaluación

- Examen escrito:
 - a) Cuestiones: 4 puntos (nota mínima 1.3)
 - b) Problemas: 4 puntos (nota mínima 1.3)
- Realización de prácticas de laboratorio y memoria: 2 puntos (se sumará a la nota del examen escrito en caso de superar la nota mínima de cada parte del mismo)

- 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, México.
 - * 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. Moran 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, Quinta Edición.
 - * 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", 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.
- 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.