UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

FACULTAD DE INGENIERIA
en acción continua...

Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional de Cuyo PROGRAMA DE ASIGNATURA			
Asignatura: Termodinámica y Máquinas Térmicas			
Carrera: Ingeniería Industrial			
Profesor Titular: MAMANI, Manuel			
Año: 2010	**Semestre: 4º**	**Horas Semestre: 90**	**Horas Semanal: 6**

PROGRAMA ANALÍTICO

OBJETIVO: Que el Alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje logre:

a) Comprender y aplicar los principios fundamentales de la Termodinámica.
b) Conocer las transformaciones mutuas de las distintas formas de Energía y propiedades de las distintas sustancias que intervienen en tales procesos.
c) Comprender con toda claridad la importancia en los problemas de ingeniería que tiene el "máximo trabajo útil" o Exergía,
d) Conocer los principios básicos de funcionamiento de las máquinas de combustión interna y externa, máquinas frigoríficas y los ciclos teóricos que describen.
e) Conocer los fenómenos de equilibrio en sistemas homogéneos y heterogéneos de composición invariable y variable.
f) Comprender los distintos procesos que pueden tener lugar con el aire húmedo.
g) Elegir correctamente la bibliografía a consultar frente a un problema específico y sepa usar tablas, ábacos, diagramas y programas de computación.

UNIDAD I
CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Objeto, importancia, alcances y limitaciones de la termodinámica, definiciones y convenciones fundamentales. Sistema y medio ambiente. Parámetros, definición macroscópica y microscópica de un sistema. Sistemas abiertos, cerrados, homogéneos, heterogéneos, ideales y reales. Estado de un sistema, propiedades extensivas e intensivas, distintos sistemas termodinámicos, variables que lo definen. Equilibrio termodinámico: potenciales mecánicos, térmicos y químicos. Transformaciones abiertas y cerradas, reversibles e irreversibles, ideales y reales. Equilibrio térmico, principio cero de la termodinámica. Temperatura: concepto, termometría. Escalas. Propiedades P-V-T de una sustancia pura. Fase de equilibrio: vapor-líquido-sólido. Ecuaciones de estado para la fase vapor de una sustancia simple compresible. Tablas de propiedades termodinámicas. Superficies P-V-T.

UNIDAD II
CALOR. TRABAJO. PRIMER PRINCIPIO DE LA TERMODINAMICA. ENERGÍA INTERNA. ECUACIONES ENERGÉTICAS

Calor, naturaleza, concepto, unidades. Capacidad calorífica. Calor específico verdadero o instantáneos, calor especifico medio, variabilidad de los calores específicos. Calores específicos principales. Flujo calorífico cuasiestático. Foco calorífico. Cálculo del calor intercambiado entre sistema y medio. Signo. Tablas de calores específicos. Trabajo, naturaleza, definición, concepto,

signo. Cálculo del trabajo transferido entre sistema y medio. Trabajo de expansión o compresión cuasiestático o reversible. Diagrama P-V, El trabajo depende de la trayectoria. Algunos otros sistemas en que hay trabajo en el límite móvil. Algunas observaciones relativas al trabajo. Unidades. Primer principio, su enunciación experimental. Formulación matemática para un sistema cerrado. Energía interna generalizada o total almacenada. Su naturaleza. Energía interna: U. La energía interna propiedad termodinámica, Experiencia de Joule, energía interna del gas ideal y no ideal. Coeficientes específicos de una sustancia. Ecuación energética de un sistema.

UNIDAD III
PRIMER PRINCIPIO PARA SISTEMAS ABIERTOS. ENTALPÍA.
Ecuación de la energía o primer principio para sistemas abiertos (volumen de control) en flujo estable (circulantes). Trabajo de árbol. Entalpía. Ecuación de la energía o primer principio para sistemas abiertos en flujo no estable. Aplicación del primer principio para sistemas abiertos en flujo estable a procesos adiabáticos en una tobera, en una turbina, en un compresor, en un tabique poroso o estrangulación, en un fluido incompresible (líquido) por una tubería. Trabajo de circulación, representación gráfica. La energía interna propiedad termodinámica. Entalpía propiedad termodinámica, entalpía del gas ideal y no ideal. Algunas propiedades de la entalpía. Comparación entre la energía interna y la entalpía.

UNIDAD IV
GASES, RELACIONES PVT. TRANSFORMACIONES
El gas ideal o perfecto. Ecuación de estado del gas ideal. Gases reales. Ecuación de estado de Van der Waals. Ecuación de estado reducida. Ley de los estados correspondientes. Otras ecuaciones de estado para gases reales. Ecuación de estado del virial. Factor de compresibilidad. Mezcla de gases ideales. Ley de Amagat y ley de Dalton. Propiedades de las mezcla de gases ideales. Mezcla de gases reales. Propiedades de las mezcla de gases reales. Parámetros pseudocríticos y pseudorreducidos. Determinación de Zm de una mezcla de gases reales. Transformaciones ideales de un gas ideal: ecuaciones características de las isocóras, isóbaras, isotérmicas, adiabáticas y politrópicas. Representación gráfica en el plano dinámico. Calculo de los cambios energéticos en cada transformación considerando los calores específicos constantes y variables con la temperatura.

UNIDAD V
TERMOQUÍMICA
Introducción. Calor de reacción. Descripción de los sistemas químicos reactivos. Variable grado de avance de la reacción. El primer principio de la termodinámica aplicada a las reacciones químicas. Reacción a presión constante. Determinación de la entalpía molar de las sustancias químicas. Entalpía normal de formación. Leyes termoquímicas. Dependencia de los calores de reacción con la temperatura. Ecuación de Kirchoff. Reacciones a volumen constante. Relación entre ΔHpt y ΔUvt. La Combustión. Combustibles. Proceso de la combustión. Análisis de los productos de la combustión. Calor normal de combustión. Poder calorífico superior e inferior de un combustible. Temperatura máxima de reacción. Temperaturas reales de llama. Diagrama entálpico para la combustión.

UNIDAD VI
SEGUNDO PRINCIPIO DE LA TERMODINÁMICA
Introducción. Necesidad de enunciar el segundo principio. Transformación de trabajo en

calor y viceversa. Enunciados del segundo principio según Carnot, Kelvin, Planck, Kelvin-Planck, Clausius. Equivalencia de los enunciados de Kelvin-Planck y Clausius. Reversibilidad e irreversibilidad en distintos procesos. Generalización a las transformaciones reales. Condiciones necesarias para la reversibilidad. Máquinas térmicas y frigoríficas reversibles. Teorema de Carnot. Corolarios del teorema de Carnot. Ciclos reversibles. Ciclo de Carnot.

UNIDAD VII
ENTROPÍA
Algunas propiedades de los ciclos reversibles. Teorema de Clausius para ciclos reversibles e irreversibles. Formulación matemática del segundo principio. Entropía. Propiedades. Entropía e irreversibilidad. El segundo principio como principio de aumento de la entropía. La entropía como probabilidad de estados termodinámicos. Cálculo de la variación de entropía para gases ideales y transformaciones reversibles. Diagramas entrópicos. Diagrama entrópico para gases perfectos con calores específico constante y variables. Diagrama entrópico para vapores. El cambio de entropía de una sustancia pura. Entropías y tercer principio de la termodinámica.

UNIDAD VIII
EXERGÍA O DISPONIBILIDAD
Concepto de exergía y anergía. Importancia. Calor utilizable o exergía del calor. Trabajo máximo o reversible. Trabajo perdido. Exergía debido a un desequilibrio mecánico. Casos particulares. Exergia de un sistema cerrado. Exergía de un sistema abierto en régimen estable. Rendimiento exergético de las instalaciones.

UNIDAD IX
EL EQUILIBRIO DE FASE. ENERGÍA LIBRE
El problema del equilibrio de fase. Esencia del problema. Termodinámica clásica de los equilibrios de fase. Sistemas homogéneos cerrados multicomponentes: combinación del 1º y 2º principios de la termodinámica. La energía interna, la entalpía, la función de Helmholtz y la energía libre como potenciales extensivos termodinámicos. Relaciones termodinámicas entre propiedades. Relaciones de Maxwell. Energía libre de Gibbs. Cálculo de ΔG en algunos ejemplos concretos. Energías libres normales. Dependencia de G con T y con P. Relación cuantitativa entre ΔG y la constante de equilibrio de una reacción. Dependencia con la temperatura de la energía libre y la constante de equilibrio de una reacción. Sistema de un componente. Vapores. Análisis por las energías libres. Ecuación de Clapeyron y Clapeyron-Clausius.

UNIDAD X
CICLOS DE MOTORES DE GAS
Estudio termodinámico de los ciclos de aire y diferencia entre los ciclos ideal y real. **Ciclo Otto:** Descripción, determinación del rendimiento, relación de compresión y causas que la limitan, variación del rendimiento con la relación de compresión. **Ciclo Diesel:** Descripción, determinación del rendimiento, relación de compresión y relación de inyección, comparación con el ciclo Otto. Ciclo **Semidiesel:** Descripción, determinación de rendimiento, relación de compresión, de inyección y de plena presión. Ciclo indicado. Análisis de un ciclo indicado. Potencia indicada. Potencia efectiva. Rendimiento mecánico. Presión media efectiva. Rendimientos.

UNIDAD XI
CICLOS DE MAQUINAS DE VAPOR Y CICLOS FRIGORIFICOS
Ciclos de máquinas de vapor: Ciclo de Carnot para fluidos condensables. Rendimiento del ciclo y relación trabajo. Ciclo de Rankine. Mejoras que se introducen. Ciclos de refrigeración o ciclos frigoríficos. Concepto de maquina frigorífica y de bomba de calor. Ciclo inverso de Carnot, Ciclos a compresión de vapor en régimen húmedo y en régimen seco. Mejoras para aumentar la eficiencia. Doble compresión con refrigeración intermedia, subenfriamiento del líquido, doble expansión. Sistemas de refrigeración por
absorción

UNIDAD XII
TURBINAS DE GAS
Diferencias entre el ciclo Brayton real e ideal. Rendimiento isoentrópico del compresor y de la turbina. Relaciones de trabajo máximo. Mejoras para aumentar el rendimiento térmico de una turbina: Regeneración. Compresión multietapa con refrigeración intermedia. Expansión multietapa con recalentamiento. Aplicaciones más frecuentes de las turbinas de gas.

UNIDAD XIII
AIRE HÚMEDO
Análisis del sistema aire vapor de agua: humedad absoluta, máxima, relativa y grado de saturación. Entalpía del aire húmedo. Punto de rocío. Tablas de aire húmedo. Temperatura de bulbo húmedo. Psicrómetro. Temperatura de saturación adiabática. Diagrama Psicrométrico. Diagrama entálpico. Procesos con aire húmedo. Mezclas de corrientes de aire húmedo.

PROGRAMA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

1. **PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS PURAS:** Análisis y cálculo de valores numéricos de las propiedades termodinámicas en sistemas constituidos por una sustancia pura. Uso de tablas y diagramas.
2. **EXPERIENCIA DE LABORATORIO:** Determinación de calores específicos de sólidos en un calorímetro de mezclas. Cálculo en gabinete del calor intercambiado entre sistema y medio, mediante el uso de valores obtenidos en el laboratorio y mediante el uso de calores molares o específicos instantáneos , medios o variables con la temperatura, haciendo uso de tablas y gráficos para su selección.
3. **TRABAJO – PRIMER PRINCIPIO PARA SISTEMAS CERRADOS.** Intercambio de trabajo para distintos procesos y sistemas termodinámicos cerrados. Aplicación del primer principio a la evolución de diversos sistemas cerrados y procesos abiertos y cerrados, con determinación de las energías puestas en juego.
4. **PRIMER PRINCIPIO PARA SISTEMAS ABIERTOS:** Aplicación del primer principio a procesos de flujo de fluidos en régimen estacionarios y no estacionarios representativos de casos simples pero reales de aplicación en la industria.
5. **GASES IDEALES Y REALES. MEZCLAS Y TRANSFORMACIONES:** Uso de distintas ecuaciones de estado. Resolución numérica de problemas con gases considerando comportamiento ideal y real con comparación de resultados y verificación de los mismos en tablas de propiedades. Representación esquemática de las transformaciones que sufren dichos gases.

6. **CALORES DE REACCIÓN Y FORMACIÓN. LEYES TEMPERATURA MÁXIMA:** Determinación de calores de reacción, formación y combustión en distintas reacciones con aplicación en cada caso de las leyes de la termodinámica (Lavoisier, Hess, Kirchoff). Uso de tablas y diagramas. Cálculos básicos de combustión con determinación y uso del poder calorífico de un combustible y temperatura máxima de combustión analítica y gráficamente.
7. **ENTROPÍA Y EXERGÍA:** Cálculo y determinación de variaciones de entropía, de los sistemas termodinámicos en transformaciones reales con determinación de la energía utilizable y no utilizable para visualización de la degradación de la energía y sus consecuencias.
8. **CICLOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS:** Estudio de los ciclos ideales descriptos en las distintas máquinas térmicas de combustión interna o externa, con determinación de parámetros característicos del sistema y las energías puestas en juego, las eficiencias de la primera y segunda ley.
9. **AIRE HÚMEDO:** Aplicación del diagrama psicrométrico en la determinación de humedad absoluta, relativa, temperatura de rocío, volumen específico, humedad de saturación. Estudio del estado final en la mezcla de dos masas de aire distintas, mediante el empleo de tablas y mediante el uso del diagrama de calor del aire húmedo o diagrama de Mollier.

PROGRAMA DE EXAMEN:

Bolilla 1: Unidades I Y VIII

Bolilla 2: Unidades II y IX

Bolilla 3: Unidades III y X

Bolilla 4: Unidades IV y XI

Bolilla 5: Unidades V y XII

Bolilla 6: Unidades VI y XIII

Bolilla 7 : Unidades VII y IX

BIBLIOGRAFÍA

- M. W. ZEMANSKY "Calor y Termodinámica" Ed. 1964
- A de ESTRADA "Termodinámica Técnica" de 1958
- F.W. SEARS "Introducción a la Term.,Teoría Cinética de los gases y Mecánica Estadística"Ed.1959
- CARLOS A. GARCÍA "Termodinámica Técnica" Ed.1984
- SONNTAG Y VAN WYLEN "Termodinámica Clásica y Estadística" Ed.1977
- GLASSTONE "Termodinámica para Químicos" Ed. 1977
- SMITH Y VAN NESS "Termodinámica en Ingeniería Química" Ed. 1980

- KENNET WARK JR. "Termodinámica"
- WARK Y RICHARDS "Termodinámica" Ed. 2001
- CENGEL Y BOLES "Termodinámica Tomos I y II" Ed.1998
- CALDERÓN LISANDRO "Cuadernillos de Termodinámica" Fac. de Ing. U.N.C. Ed. 2000
- GIACOSA DANTE "Motores Endotérmicos" 3a Ed.