



PROGRAMA DE TERMODINÁMICA

Carreras: Ing. Química.

Ing. en Industrias de la Alimentación

Año : 2006

Carga horaria: 105 horas

Régimen de cursado: Semestral

Período: 5º semestre

Departamento: Ingeniería

Área: Básica

Docente a cargo: Ing. Luis Armando Rubio

UBICACIÓN DE LA MATERIA DENTRO DE LA CARRERA:

Termodinámica es una materia básica dentro del departamento de ingeniería: da los fundamentos para materias de aplicación tales como Operaciones Unitarias, Tecnología y Mantenimiento de los Servicios, Cinética Química, para otras materias también básicas como Físico-Química. Con esta última guarda una relación especial pues todas las aplicaciones del Segundo Principio a la Termodinámica Química se dejan para Física Química.

Por lo tanto la materia consta de una parte general orientada a establecer los conceptos fundamentales y una parte de Termodinámica Aplicada a ciclos de máquinas a gas y a vapor, análisis de ciclos.

OBJETIVOS GENERALES:

- 1- Caracterizar distintos tipos de sistemas.
- 2- Discriminar distintos tipos de transformaciones .
- 3- Conceptuar cada una de las transformaciones termodinámicas.
- 4- Identificar los Principios de la Termodinámica en casos concretos.
- 5- Conocer los métodos y estructuras formales de la ingeniería.
- 6- Resolver ciclos de gases y vapores y sus mejoras.

OBJETIVOS PARTICULARES:

Unidad Primera:

- 1.1 Identificar sistema aislado, cerrado y abierto.
- 1.2 Comprender la ecuación de estado de los gases ideales.
- 1.3 Distinguir comportamiento de sólidos, vapores, gases ante cambios de tensiones y de estados térmicos.
- 1.4 Aplicar ecuación de gases ideales y factor de compresibilidad en resolución de problemas.
- 1.4 Diferenciar vapores, gases reales e ideales.
- 1.5 Comprender ecuaciones para mezcla de gases.
- 1.6 Inferir las fórmulas de aire húmedo como un caso de mezcla de gases.

Unidad Segunda:

- 2.1 Inferir el Primer Principio de la Termodinámica.
- 2.2 Construir diagramas P-V y T-S y representar las transformaciones.



- 2.3 Aplicar el Primer Principio a sistemas abiertos y cerrados
- 2.4 Inferir calores específicos a partir de la teoría cinética de los gases.
- 2.5 Conceptuar balance y equilibrio.
- 2.6 Manejar diagrama psicrométrico en problemas de aire húmedo.

Unidad Tercera:

- 3.1. Analizar distintos enunciados del Segundo Principio.
- 3.2. Conceptuar qué es la entropía .
- 3.3. Relacionar escala centígrada y absoluta de temperaturas.
- 3.4. Distinguir causas de irreversibilidad.
- 3.5. Conceptuar Calor y Trabajo. .
- 3.6. Calcular la exergía en transformaciones y ciclos.
- 3.7. Inferir ciclos reversibles.

Unidad Cuarta:

- 4.1 Relacionar entalpías y Calores de formación.
- 4.2 Calcular calores de reacción a partir de entalpías y calores de combustión
- 4.3 Conceptuar las leyes de la termoquímica.
- 4.4 Inferir función Potencial químico
- 4.5 Reconocer condiciones de espontaneidad y equilibrio en sistemas químicos.

Unidad Quinta:

- 5.1 Conocer ciclos de motores de Combustión interna y turbinas.
- 5.2** Manipular distintos tipos de ciclos.
- 5.3 Distinguir los distintos tipos de rendimientos.
- 5.4 Usar diagramas Psicrométrico y Ostertag en resolución de problemas.
- 5.5 Comprender el Ciclo de Rankine y el Ciclo Frigorífico.
- 5.6 Conocer los sistemas para liquefacción de gases.

Unidad Sexta:

- 5.1 Conceptos de termodinámica estadística

UNIDADES TEMÁTICAS:

UNIDAD PRIMERA : Caracterización de sistemas aislados. Principio cero.

Campo de estudio de la termodinámica. Estados de agregación de la materia. Fase. Sustancia simple y sustancia pura. Formas de descripción: punto de vista microscópico y macroscópico. Continuidad. Estado. Propiedad extensiva, intensiva, específica. Principio de delimitación. Sistemas simples y compuestos. Ecuación de estado y superficie termodinámica. Propiedades matemáticas de los parámetros de estado. . Sistema, sistema aislado. Fronteras del sistema. Equilibrio termodinámico, mutuo y local. Estado estacionario. Transformación cuasi-estática; transformación abierta. Medición de magnitudes.

Parámetros de caracterización: estado térmico y equilibrio térmico: Principio cero, temperatura, escalas. Tensiones: presiones. Cantidad unitaria de masa. *Sistemas gaseosos*: Leyes de los gases ideales, termómetro de gas, ecuación de estado, ecuación de Clapeyron. Superficie termodinámica. Coeficientes termoelásticos. *Sistemas sólidos*: comportamiento a las tensiones, sistema simple elástico. Comportamiento a los cambios de estado térmico, dilatación, termómetro bimetálico. *Sistemas líquidos*: comportamiento a los cambios de tensión y de estado térmico, termómetro de mercurio. *Vapores*: Experiencia de Andrews, calentamiento a presión constante. Calor latente de vaporización. Diagrama pVT de la sustancia pura. *Mezcla de gases*: Composición. Ley de Dalton y de Amagat. Masa molecular y constante



particular de una mezcla. *Aire húmedo*: definiciones. Ecuación de estado. Volumen específico. Grado de saturación y humedad relativa.

Ecuaciones de estado no experimentales: Teoría cinético-molecular: postulados, presión de un gas, velocidad cuadrática media, verificación de leyes. Distribución de probabilidad de velocidades moleculares de Maxwell y Maxwell-Boltzmann. Teorema de la equipartición de la energía. Colisiones y fenómenos de transporte. Ecuación de Van der Waals. Semejanza termodinámica. Otras ecuaciones de estado. Factor de compresibilidad. Modelo sencillo de líquido.

UNIDAD SEGUNDA: Interacciones en sistemas cerrados y abiertos. Primer Principio.

Interacciones: **Calor**: Calor específico. Calor sensible y latente. Leyes de la calorimetría. Propiedades caloríficas de sólidos, líquidos y gases. Teoría del calórico. **Trabajo**: Definición. Trabajo en mecánica: energía potencial y energía cinética. Trabajo termodinámico: de agitación y de compresión/expansión. Otras formas de trabajo. Vinculación entre calor y trabajo: experiencia de Joule. Principio de conservación de la energía. Formulación matemática para sistemas cerrados. Trabajo en un ciclo termodinámico. Características de la Energía Interna. Experiencia de Gay-Lussac-Joule. Energía total en sistemas cerrados. Sistemas continuos en desequilibrio. Equilibrio local y estados de desequilibrio. **Flujo de materia**: Enfoques de Lagrange y Euler. Balances: de materia, de una propiedad genérica, para sistema abierto en régimen estacionario. Formulación matemática del Primer Principio para sistemas abiertos. Características del trabajo de circulación y de la entalpía. Experiencia y coeficiente de Joule-Thompson. Sustancia simple incompresible. Estructuras formales de la ingeniería. Transformaciones en sistemas gaseosos, politrópicas. Transformaciones en vapores: Calor latente de vaporización. Título de un vapor. Ecuación de Clausius-Clapeyron. Calorímetro de estrangulación. Transformaciones con aire húmedo: Temperatura de rocío, de bulbo húmedo, de saturación adiabática. Diagrama psicrométrico. Procesos de enfriamiento, humidificación y secado de aire húmedo.

UNIDAD TERCERA: Segundo Principio. Exergía.

Consecuencias del concepto de ciclo. Depósitos termodinámicos. Uso del lenguaje gráfico. Formulaciones de Segundo Principio. Rendimientos. Equivalencia de enunciados. Móvil Perpetuo. Transformaciones reversibles. Causas de irreversibilidad: macroscópicas y microscópicas. Ciclos reversibles: condiciones, entre dos fuentes de calor. Teorema de Carnot. Escala Termodinámica de temperaturas. Propiedades de ciclos reversibles: Ciclo de Carnot, y ciclos regenerativos. Teorema de Clausius, generalización. Entropía. Sistemas aislados. Diagrama T-S para gases y sustancia pura. Concepto de entropía desde el punto de vista de la física, la ingeniería, la matemática y la informática.

Transformaciones irreversibles: Teorema de Clausius. Entropía. Trabajo y trabajo perdido. Balances de entropía en sistemas aislados, cerrados y abiertos. Representación de transformaciones irreversibles. Comparación entre trabajo y calor.

Exergía: definición. Desequilibrio térmico y mecánico, reversibilidad. Exergía por desequilibrio térmico: caso de fuentes de calor y de cuerpos de capacidad finita, temperatura integral media. Exergía por desequilibrio mecánico. Exergía en sistemas aislados, cerrados y abiertos: funciones de Darrieus y ecuación de Gouy-Stodola. Variación de exergía. Energía: definición, características, clases. Muerte térmica.

UNIDAD CUARTA: Sistemas químicos.



Termoquímica: Calor de reacción: definición, consecuencias, ley de Hess. Calor de formación: definición, consecuencias, ecuación de Lavoisier. Calor de combustión: definición, consecuencias. Cambio de fase. Ecuación de Kirchhoff: Temperatura máxima de llama y explosión. Equilibrio químico para sustancias puras: criterio para sistemas aislados y sistemas cerrados isotérmicos. Conformación de la energía. Condiciones de espontaneidad y equilibrio. Ecuaciones de Maxwell. Sistemas multicomponentes monofásicos. Función potencial químico. Criterio general para el equilibrio termodinámico en sistemas cerrados. Regla de las fases.

UNIDAD QUINTA : Aplicaciones: Ciclos de máquinas térmicas y frigoríficas

Ciclos de máquinas de combustión interna: ciclo Otto, ciclo Diesel, ciclo semidiesel. Ciclo Brayton. Rendimiento de ciclos. Método de los rendimientos: rendimiento térmico, indicado, económico, mecánico. Rendimiento exergético y por comparación.

Ciclo Rankine. Mejoras: por sobrecalentamiento y recalentamiento intermedio. Ciclo regenerativo. Análisis exergético del ciclo Rankine. Ciclo frigorífico de régimen húmedo y régimen seco. Mejoras en los ciclos de compresión: doble compresión, doble estrangulación, subenfriamiento. Bomba de calor. Ciclos de absorción. Licuefacción de gases: Métodos de Piquet, Linde, Claude.

UNIDAD SEXTA: Conceptos de termodinámica estadística. Probabilidad. Distribución de probabilidad. Funciones discretas. Funciones continuas. Distribución de Boltzman. Distribución de Maxwell. Función de distribución de Maxwell.

BIBLIOGRAFÍA:

USO GENERAL:

- Garcia, C.A.: Termodinámica Técnica - Ed. Alsina 1984 Bs. As.
Facorro Ruiz L.A.: Curso de Termodinámica - Ed. Melior, 1974.
Kirillin- Sichev- Sheindlin: Termodinámica Técnica- Ed. Moscú, 1976.
De Estrada, A,: Termodinámica Técnica- Ed. Alsina, Bs. As.
Wylen- Sonntag: Fundamentos de Termodinámica Ed. Limusa Wiley 1973, Mex.
Zemansky, M.W.: Calor y Termodinámica- Ed. Aguilar, 1973 Madrid
Greco F.I.: Calor y Principios de Termodinámica Ed. N.Librería Bs.As.
Glasstone: Termodinámica para Químicos Ed. Aguilar.
Moran-Shapiro: Termodinámica Técnica – Ed. Reverté. Barcelona 1993
Russell- Adebisi: Termodinámica clásica – Addison-Wesley Iberoamericana, 1997

USO ESPECIAL: Texto de la cátedra

ACTIVIDAD CURRICULAR:

| Tipo de actividad | Horas/año |
|-----------------------------------------------|------------|
| Clases teóricas | 20 |
| Clases de apoyo teórico | 75 |
| Clases experimentales | 3 |
| Resolución de problemas abiertos | 7 |
| Total de horas de actividad curricular | 105 |

METODOLOGÍA:

En la parte general (unidades I, II, III), la teoría correspondiente a la clase siguiente, es presentada brevemente por el profesor, quedando al alumno la lectura de la guía especialmente preparada. Esta guía cuenta con las referencias bibliográficas precisas. El alumno realiza la lectura en su casa, pudiendo ampliar con la bibliografía existente



en la biblioteca. En la siguiente clase el profesor pregunta por los puntos vistos, aclara dudas, y presenta el nuevo tema. En tales coloquios se aplica el método de la mayéutica socrática, esto es, de búsqueda mediante preguntas, de manera que el alumno llegue por sí a las respuestas. En casos puntuales se aplica el método deductivo, donde el profesor da un marco referencial y el alumno debe deducir por sí las relaciones buscadas.

La parte práctica reafirma la teoría con resolución de problemas que están íntimamente relacionados con ella y que se dan inmediatamente después. Los problemas en la guía se encuentran en grado de dificultad creciente .

A los fines de desarrollar las habilidades manuales se incluye una clase práctica de laboratorio de uso de calorímetro para determinación de equivalente en agua, calor específico de un material, calor latentes de fusión y vaporización.

Para la teoría de la parte de Termodinámica Aplicada se utiliza la clase magistral abierta complementada en pocas ocasiones por estudio de casos. La parte práctica incluye problemas de aplicación exclusivamente, de resolución en grupos.

La parte de termodinámica estadística es dictada por la Ing. María Eugenia Castro, como colaboradora y es evaluada en forma separada, dándose por promoción.

La guía de problemas incluyen problemas y cuestionarios de preguntas abiertas que el alumno debe investigar y proponer sus respuestas.

Durante todo el año se cuentan con clases de consulta, a contraturno de los horarios de clases, las mismas cumplen diversas funciones: desde el punto de vista del alumno le sirven tanto para aclarar dudas o ampliar la perspectiva de los distintos puntos; para el docente se constituye en una forma de evaluación, no sólo de lo que ha consultado y estudiado el alumno sino además para determinar los temas más difíciles o los prejuicios más persistentes. Durante el año se destinan 60 horas adicionales para clases de consulta.

EVALUACIONES PARCIALES:

Se realizan tres evaluaciones escritas a lo largo del semestre.

| Parcial N° | Correspondiente a | Tema | Consistentes en |
|------------|------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|
| 1 | Termodinámica general | Propiedades | Teoría: Verdadero-falso y opción múltiple Práctica: problemas |
| 2 | | Interacciones | |
| 3 | Termodinámica aplicada | Ciclos | Problemas |

Cada una de estos parciales tiene un recuperatorio (para quienes desapruaban) y un recuperatorio global para quienes fallan al recuperar. Se debe incluir, además, la evaluación de Termodinámica estadística. Esto es un mínimo de cuatro y un máximo de ocho parciales, según el desempeño.

CONDICIONES DE REGULARIDAD:

Se exige: 75 % de asistencia + aprobación total de los parciales + presentación de carpeta de trabajos prácticos.

APROBACIÓN:

Se obtiene mediante la aprobación de examen final que está formado por: práctico escrito (resolución de problemas) y exposición oral de la parte teórica (sólo en caso de muchos alumnos se realiza también en forma escrita) . Además y de modo no formal se



tiene en consideración el concepto que el profesor se ha formado a lo largo de la cátedra.