



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS

**FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ALIMENTACION**

TERMODINÁMICA

RESOLUCIÓN CD N° 144/12

AÑO: TERCERO
MODULO: QUINTO
REGIMEN: CUATRIMESTRAL
CARGA HORARIA: 7 HORAS/SEMANA
TOTAL HORAS: 105

TEMA I.- Objeto y características de la termodinámica. Importancia de la Termodinámica en la industria alimentaria. Dimensiones y unidades. Homogeneidad dimensional. Relaciones de conversión de unidades. Tablas. Factores de conversión. Software de conversión de unidades. Sistemas termodinámicos y sus relaciones. Propiedades de un sistema. Estados y equilibrio de un sistema. Ecuaciones de estado. Procesos y ciclos. Temperatura y termometría: equilibrio térmico. Ley cero de la termodinámica. Sustancias termométricas. Termómetros digitales. Escalas Celsius y Fahrenheit. Termómetro de gas a volumen constante. Escala de temperatura de gas ideal. Escala absoluta de temperatura. Presiones. Presión absoluta, manométrica y de vacío. Barómetros. Manómetros. Vacuómetros. Manovacómetros. Tipos de manómetros. Técnicas para resolver problemas. Observación acerca de los dígitos significativos.

TEMA II.- Ecuaciones de estado de los gases. Ecuación de estado de un gas ideal. Tablas con constantes características de los gases ideales. Diferencia entre gases y vapores. Importancia de gases y vapores en la industria de los alimentos. Transformaciones isotérmicas, isobáricas e isócoras. Gases reales. Ecuación de van der Waals y constantes críticas. Tablas con constantes de van der Waals. Tabla con constantes críticas. Factores de compresibilidad. Ecuación de estado reducida. Presión, temperatura y volumen reducidos. Principio de los estados correspondientes. Diagrama de Compresibilidad Generalizado. Mezclas de gases. Composición de una mezcla de gases: fracciones másicas y molares. Ley de las presiones parciales.

TEMA III.- Energía. Tablas de factores de conversión. Primer Principio de la Termodinámica. Conservación de la energía en la industria alimentaria. Energía de los alimentos. Trabajo y calor. Trabajo mecánico y trabajo eléctrico. Calor sensible y calor latente. Capacidad calorífica. Calor específico. Tablas de calores específicos para sustancias gaseosas. Tablas de calores específicos de alimentos. Observaciones sobre los calores específicos de los alimentos. Predicción de calores específicos en alimentos. Trabajo de expansión. Equivalente entre calor y trabajo. Primer Principio de la Termodinámica. Enunciados. Energía interna, variación y su relación con el calor y el trabajo. Expresión analítica del primer principio. Dependencia del calor y el trabajo con el camino. Trabajo de flujo. Trabajo de



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS

**FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ALIMENTACION**

circulación. Sistemas de flujo estacionario. Aplicación del primer principio a sistemas de flujo estacionario.

TEMA IV.- Los sistemas aislados y el primer principio. Intercambio de calor a presión y a volumen constantes. Diferencia entre las capacidades caloríficas. Relación entre capacidad calorífica a presión constante y temperatura. Tablas. Contenido energético de un gas ideal: experimento de Joule. Independencia de la energía interna y de la entalpía con la presión y el volumen. Efecto y coeficiente de Joule-Thomson. Procesos termodinámicos reversibles. Expansión isotérmica de un gas. Vaporización y condensación isotérmica. Trabajo reversible de expansión. Trabajo máximo en los procesos reversibles. Procesos adiabáticos. Relación P-V-T para los procesos adiabáticos reversibles. Trabajo adiabático reversible. Transformaciones politrópicas.

TEMA V.- Termoquímica. Variación de energía durante las reacciones químicas. Calor de reacción. Estados de referencia. Calor de reacción y variación de entalpía. Cambios térmicos a presión constante y a volumen constante. Reacciones químicas con sustancias gaseosas. Leyes termoquímicas. Ley de Lavoisier y Laplace. Ley de Hess o Ley de la suma constante de calores. Calor de formación. Variación de entalpía y calor de formación. Tablas de calores de formación. Calor de combustión. Tablas de calores de combustión. Calor de cambio de fase y de transición. Uso de Tablas. Ecuación de Kirchoff: integración. Cálculo de la variación de la capacidad calorífica en la ecuación de Kirchoff. Cambios térmicos en reacciones de disolución. Calores integral y diferencial de disolución. Calorímetros. Mediciones calorimétricas. Calorímetro de mezcla. Calorímetro diferencial de barrido. Temperaturas de reacción máximas. Temperatura de llama. Tablas de temperaturas máximas de llama.

TEMA VI.- Segundo Principio de la Termodinámica. Procesos espontáneos e irreversibles. Inversión de procesos espontáneos. Enunciados del Segundo Principio de la Termodinámica. Naturaleza macroscópica del segundo principio. Depósitos de energía térmica. Transformación de calor en trabajo. Teorema de Carnot. Ciclo de Carnot. Rendimiento de máquinas térmicas. Importancia del rendimiento. Máquina frigorífica de Carnot. Coeficiente de efecto frigorífico. Importancia del coeficiente de efecto frigorífico. Ciclos de potencia de gas. Máquinas recíprocas. Ciclo Otto normal. Ciclo diesel normal.

TEMA VII.- Teorema de Clausius. Entropía. Definición de entropía. Características de la entropía. Significado físico de la entropía. Cambio entrópico en procesos reversibles. Cambio entrópico en procesos irreversibles. Cambios entrópicos en procesos adiabáticos reversibles e irreversibles. Cambios entrópicos en el conjunto sistema-medio externo. Creación interna de entropía. Diagrama entropía-temperatura. Cambios entrópicos en un cambio de fase. Cambios entrópicos en un gas ideal. Cambios entrópicos en función de la temperatura y el volumen. Cambios entrópicos en función de la temperatura y la presión. Cambios entrópicos en función



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS

**FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ALIMENTACION**

del volumen y la presión. Variaciones de entropía para las diferentes transformaciones de un gas ideal. Entropía de una mezcla.

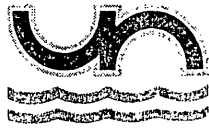
TEMA VIII.- Teorema de Nernst. Tercer Principio de la Termodinámica. Determinación experimental de la entropía. Entropía de un sólido. Entropía de un líquido. Entropía de un gas. Calor utilizable o exergía del calor. Exergía en cuerpos de capacidad calorífica limitada. Cuerpo a mayor temperatura que la atmósfera. Cuerpo a menor temperatura que la atmósfera. Exergía debida a desequilibrio mecánico. Sistema a mayor presión que la atmósfera. Sistema a menor presión que la atmósfera. Exergía del vacío. Exergía de un sistema cerrado. Exergía de un sistema circulante. Rendimiento exergético o efectividad térmica. Rendimiento exergético de una máquina reversible. Rendimiento exergético de una máquina irreversible.

TEMA IX.- Procesos de cambios de fase en sustancias puras. Líquido comprimido y líquido saturado. Vapor saturado y vapor sobrecalentado. Temperatura de saturación y presión de saturación. Volumen específico, entalpía específica y entropía específica de un vapor húmedo. Calor latente de vaporización. Tablas de Vapor de Agua. Niveles de referencia para la entalpía del líquido y del vapor. Diagramas T-S. Diagrama S-P-T. Diagrama de Mollier. Representación en los diagramas P-V, T-S y H-S. Tablas con las constantes características del amoníaco.

TEMA X.- Ciclo de Carnot del Vapor de Agua. Ciclos de las Turbinas de vapor. Ciclo Rankine. Cálculo del rendimiento del ciclo Rankine ideal. Desviación de los ciclos de potencia de vapor reales respecto de los idealizados. Máquina de vapor y turbina. Ciclo compound. Ciclo regenerativo con múltiples extracciones de vapor. Cálculo del rendimiento del ciclo Rankine ideal. Desviación de los ciclos de potencia de vapor reales respecto de los idealizados.

TEMA XI.- Ciclo invertido de Carnot. Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. Consumo de refrigerante. Desviación de los ciclos de refrigeración reales respecto de los idealizados. Uso del amoníaco en la industria alimentaria. Tablas con las constantes características del amoníaco. Mejoras en los ciclos frigoríficos de compresión. Subenfriamiento del líquido condensado. Doble compresión o sistema compound. Doble estrangulación. Ciclo frigorífico con doble compresión, subenfriamiento y doble estrangulación.

TEMA XII.- Procesos de acondicionamiento de aire. Aire seco y aire húmedo. Humedad absoluta. Aire saturado. Presión de saturación. Humedad relativa. Humedad absoluta en función de la presión de vapor. Volumen específico y densidad. Entalpía del aire húmedo. Punto de rocío. Temperatura de saturación adiabática. Psicrómetro. Temperatura de bulbo húmedo. Tablas de aire húmedo. Programa de aire húmedo. Diagrama psicrométrico. Programa del diagrama psicrométrico. Diagrama de calor del aire húmedo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ENTRE RÍOS

**FACULTAD DE
CIENCIAS DE LA ALIMENTACION**

TEMA XIII.- Función Energía Libre y función Trabajo Máximo. Definiciones. Significado físico. Relaciones. Aplicaciones a cambios isotérmicos. Ecuaciones de Gibbs-Helmholtz: integración. Condiciones de equilibrio termodinámico y de procesos espontáneos. Teorema de Nernst. Tercer Principio de la Termodinámica. Determinación experimental de entropía.

TEMA XIV.- Sistemas de un componente: fases de equilibrio. Ecuación de Clapeyron-Clausius. Equilibrio sólido-líquido y líquido-vapor. Equilibrio entre dos formas cristalinas. Ecuación de Clausius-Clapeyron: integración. Presión de vapor de un líquido, su variación con la temperatura. Dependencia de la presión de vapor con la presión total.

BIBLIOGRAFÍA

- Facorro-Ruiz; Lorenzo A. CURSO DE TERMODINÁMICA - Ed. Nueva Librería-2011.
Alejandro Estrada, CURSO DE TERMODINÁMICA E. Alsina-1972.
Michael J. Morán – Howard N. Shapiro, FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA TÉCNICA – Primer Tomo Editorial Reverè S.A. – 1999.
Michael J. Morán – Howard N. Shapiro, FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA TÉCNICA – Segundo Tomo – Editorial Reverè S.A. – 1999.
Jorge A. Rodríguez – UTN, INTRODUCCIÓN A LA TERMODINÁMICA CON ALGUNAS APLICACIONES EN INGENIERÍA – Primera Edición – 2000 – <http://www.modeloingenieria.edu.ar>
Thomas Ángel; Philip Reid, INTRODUCCIÓN A LA FÍSICO-QUÍMICA-TERMODINÁMICA, Ed. Pearson-Educación -2007.
Carlos A. García, PROBLEMAS DE TERMODINÁMICA, Ed. Alsina-1984.
Irving Granet, TERMODINÁMICA (3ª.edición), Ed-Prentice Hall-1994.
Michael Abbot y Hendrick C. Vannes, TERMODINÁMICA (2ª.edición), Ed. McGraw Hill-1991.
Hubert Lumbraso, TERMODINÁMICA, Ed. Reverté1979.
Yunus A. Çengel; Michael A. Boles, TERMODINÁMICA, E. McGraw Hill-2007.
Samuel Glasstone, TERMODINÁMICA PARA QUÍMICOS (5º.edición)- Ed. Española-1978.
Carlos A. García, TERMODINÁMICA TÉCNICA, -Ed. Alsina-1984.
Nuria Martínez Navarrete y Otros-Servicio de Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia-1998, TERMODINÁMICA Y CINÉTICA DE SISTEMAS ALIMENTO ENTORNO.

Ing. OSCAR A. GERARD
SECRETARIO ACADEMICO
Facultad Cs. de la Alimentación

Dr. HUGO RODOLFO CIVÉS
DECANO
Facultad Cs. de la Alimentación