



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
PLAN DE ESTUDIOS DE LA LICENCIATURA
EN INGENIERÍA QUÍMICA



PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE:					
TRANSFERENCIA DE CALOR					
IDENTIFICACIÓN DE LA ASIGNATURA					
MODALIDAD:		Curso			
TIPO DE ASIGNATURA:		Teórico-Práctica			
SEMESTRE EN QUE SE IMPARTE: Quinto					
CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Obligatoria					
NÚMERO DE CRÉDITOS:		8			
HORAS A LA SEMANA:	5	Teóricas:	3	Prácticas:	2
		Semanas de clase:	16	TOTAL DE HORAS:	80
SERIACIÓN: Si (X) No () Obligatoria (X) Indicativa ()					
SERIACIÓN ANTECEDENTE: Seriación por bloques. Haber aprobado por lo menos el 80% de las asignaturas de los 3 primeros semestres					
SERIACIÓN SUBSECUENTE: Ninguna					

OBJETIVO GENERAL:
 Al finalizar el curso el alumno deberá ser capaz de explicar los mecanismos básicos de transferencia de calor, escribir y resolver los modelos matemáticos que representan los flujos de energía térmica relacionados al transporte por conducción, convección y radiación. Además deberá dimensionar correctamente los equipos industriales para operaciones de intercambio de calor, haciendo uso de los métodos más modernos y las correlaciones empíricas adecuadas.

ÍNDICE TEMÁTICO			
UNIDAD	TEMAS	Horas Teóricas	Horas prácticas
1	Introducción al Curso	3	0
2	Conducción Unidimensional en Régimen Estacionario	3	2
3	Conducción Bidimensional de Calor en Régimen Estacionario	3	2
4	Conducción en Régimen Transitorio	6	4
5	Convección Forzada	3	2
6	Convección Natural	3	2
7	Ebullición y Condensación	6	4
8	Dimensionamiento de Intercambiadores de Calor	9	8
9	Evaporadores de simple efecto y efecto múltiple	6	4

10	Transferencia de Calor por Radiación	6	4
	TOTAL DE HORAS TEÓRICAS	48	0
	TOTAL DE HORAS PRÁCTICAS	0	32
	TOTAL DE HORAS	80	

CONTENIDO TEMÁTICO

1. INTRODUCCIÓN

- 1.1. Introducción al curso
- 1.2. Importancia de las operaciones de transferencia de calor en la ingeniería química.
- 1.3. Mecanismos básicos de transferencia de calor:
 - 1.3.1. Conducción
 - 1.3.2. Convección natural y forzada
 - 1.3.3. Radiación.
- 1.4. Modelos matemáticos básicos para cada mecanismo.

2. CONDUCCIÓN UNIDIMENSIONAL EN RÉGIMEN ESTACIONARIO.

- 2.1. Ley de Fourier
- 2.2. Flujo de calor por conducción a través de paredes compuestas:
 - 2.2.1. Flujo a través de placas planas
 - 2.2.2. Flujo a través de cilindros concéntricos.
 - 2.2.3. Flujo a través de esferas concéntricas.
 - 2.2.4. Dimensionamiento de paredes aislantes de hornos y sistemas de refrigeración
 - 2.2.5. Algoritmos computacionales para el dimensionamiento de paredes aislantes de equipos industriales
- 2.3. Transporte unidimensional de calor a través de aletas de enfriamiento.
 - 2.3.1. Aletas de área de sección transversal uniforme.
 - 2.3.2. Aletas de área de sección transversal no uniforme.
 - 2.3.3. Eficiencia de la aleta de enfriamiento.
 - 2.3.4. Algoritmo computacional para cálculos de transferencia de calor a través de aletas de enfriamiento unidimensionales.

3. CONDUCCIÓN BIDIMENSIONAL EN RÉGIMEN ESTACIONARIO.

- 3.1. Simplificación de la ecuación de Fourier y obtención de la ecuación de Laplace para la distribución de temperaturas.
 - 3.1.1. Método de separación de variables.
 - 3.1.2. Solución por series de Fourier de la ecuación de Laplace en coordenadas cartesianas.
 - 3.1.3. Solución de la ecuación de Laplace en coordenadas cilíndricas utilizando funciones de Bessel.
- 3.2. Aplicación del método de diferencias finitas o elementos finitos para transporte multidimensional de calor en estado estacionario.
 - 3.2.1. Geometría regular. Algoritmo computacional.

- 3.2.2. Cuerpos axisimétricos. Algoritmo computacional.
- 3.2.3. Geometría irregular. Algoritmo computacional.
- 3.2.4. Aletas de enfriamiento. Algoritmo computacional

4. CONDUCCIÓN EN RÉGIMEN TRANSITORIO.

- 4.1. Solución analítica para la conducción de calor tridimensional en estado transitorio en coordenadas cartesianas.
 - 4.1.1. Condición de frontera isotérmica (Dirichlet).
 - 4.1.2. Condición de frontera convectiva (Neumann).
 - 4.1.3. Condición de frontera adiabática.
- 4.2. Sistemas radiales con convección.
- 4.3. Método de diferencias finitas para el transporte de calor por conducción en régimen transitorio.
 - 4.3.1. Diferencias finitas explícitas.
 - 4.3.2. Diferencias finitas implícitas.
- 4.4. Aplicaciones al diseño en equipos industriales.
 - 4.4.1. Refrigeración (diferencias finitas explícitas).
 - 4.4.2. Congelación (formulación de entalpías de la ley de Fourier).

5. CONVECCIÓN FORZADA

- 5.1. Coeficientes convectivos para transferencia de calor.
- 5.2. Transferencia de calor para flujo laminar en tubos.
- 5.3. Capas límite convectivas.
 - 5.3.1. Capa límite hidrodinámica.
 - 5.3.2. Capa límite térmica.
- 5.4. Enfriamiento evaporativo.
- 5.5. Analogía de Reynolds-Colburn.
- 5.6. Efecto de la Turbulencia.
- 5.7. Cálculo del coeficiente convectivo para flujo externo.
- 5.8. Placa plana con flujo paralelo.
 - 5.8.1. Flujo laminar. Solución por similitud.
 - 5.8.2. Flujo turbulento.
 - 5.8.3. Condiciones de capa límite mezclada.
- 5.9. Cálculo del coeficiente convectivo para flujo interno.
 - 5.9.1. Flujo en tubería.
 - 5.9.2. Flujo a través de canales rectangulares.
- 5.10. Flujo sobre cilindros y esferas.
- 5.11. Flujo a través de bancos de tubos.

6. CONVECCIÓN NATURAL

- 6.1. Transferencia de calor por convección libre en placas verticales.
- 6.2. Relaciones empíricas para convección natural.
- 6.3. Convección natural en placas y cilindros verticales.
- 6.4. Convección natural en placas y cilindros horizontales.
- 6.5. Convección natural sobre superficies inclinadas.
- 6.6. Convección natural en fluidos no newtonianos.
- 6.7. Convección natural sobre esferas.

- 6.8. Convección natural en cavidades cerradas.
- 6.9. Inestabilidad de Rayleigh-Bénard.
- 6.10. Convección libre y forzada combinadas.

7. EBULLICIÓN Y CONDENSACIÓN.

- 7.1. Termodinámica de los fenómenos de cambio de fase
- 7.2. Fenómenos de transferencia de calor por condensación
- 7.3. Número de condensación
- 7.4. Condensación de película dentro de tubos horizontales
- 7.5. Transferencia de calor por ebullición
- 7.6. Relaciones simplificadas para transferencia de calor por ebullición en agua
- 7.7. Recomendaciones fundamentales para el diseño de equipos industriales de condensación y ebullición.

8. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE INTERCAMBIO DE CALOR

- 8.1. Intercambiadores de calor
 - 8.1.1. Doble tubo
 - 8.1.2. Tubo y coraza
- 8.2. Diseño de intercambiadores de calor de doble tubo.
- 8.3. Coeficiente global de transferencia de calor
- 8.4. Factores de incrustación
- 8.5. Promedio logarítmico de las diferencias de temperatura
- 8.6. Diseño de intercambiadores de calor de tubo y coraza por el método de Kern
- 8.7. Dimensionamiento de intercambiadores de calor mediante cálculos manuales o algoritmos computacionales utilizando el método de Kern.
- 8.8. Características esenciales del método Bell-Delaware.
 - 8.8.1. Algoritmo para el dimensionamiento de intercambiadores de tubos y coraza mediante el método de Bell-Delaware

9. EVAPORADORES DE SIMPLE EFECTO Y EFECTO MÚLTIPLE.

- 9.1. Balance de materia y energía en un evaporador de simple efecto.
- 9.2. Diseño termodinámico de un evaporador de simple efecto.
- 9.3. Balances de materia y energía en evaporadores de múltiple efecto.
 - 9.3.1. Arreglos en corriente paralela.
 - 9.3.2. Arreglos en contracorriente.
 - 9.3.3. Arreglos en flujo cruzado.
- 9.4. Diseño termodinámico de evaporadores de efecto múltiple.
- 9.5. Algoritmos computacionales.

10. TRANSFERENCIA DE CALOR POR RADIACIÓN.

- 10.1. Radiación del cuerpo negro y ley de Steffan-Boltzmann.
- 10.2. Ley de Gauss para superficies radiantes.
- 10.3. Factor de forma.
- 10.4. Intercambio de calor entre cuerpos negros.
- 10.5. Intercambio de calor entre cuerpos grises.
- 10.6. Radiación en gases.

- 10.7. Radiación en hornos a fuego directo. Cálculos.
 - 10.7.1. Formulación numérica.
 - 10.7.2. Algoritmo computacional para el diseño de hornos a fuego directo

ACTIVIDADES PRÁCTICAS:

Durante las sesiones prácticas se elaborarán algoritmos computacionales y se resolverán problemas que se relacionen con las unidades temáticas descritas; estas actividades deberán reflejar el número de horas prácticas señaladas en este programa. Estas actividades deberán ser consideradas en la evaluación final de la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

- Bird, S., Lightfoot, E. N. Fenómenos de Transporte. 2a ed. Limusa Noriega. México. 2010.
- Cao, E. Transferencia de Calor en Ingeniería de Procesos. Editorial Nueva Librería. México. 2006.
- Griskey, J. R. C. Transport Phenomena and Unit Operations: A Combined Approach. Wiley & Sons Inc. USA. 2002.
- Holman, J. P. Transferencia de Calor. CECSA. México. 2003.
- Incropera, F. P. Fundamentos de Transferencia de calor. Prentice Hall/Pearson. México. 2006.
- Kern, D. Q. Procesos de Transferencia de Calor. Patria. México, 2009
- Leal, L.G Advanced Transport Phenomena. Fluid Mechanics and Convective Transport Processes. Cambridge University Press. USA. 2007.
- Thomson, W.J. Introduction to Transport Phenomena. Prentice Hall PTR. USA. 2000.
- Tosun, I. Modeling in Transport Phenomena. A Conceptual Approach. 2nd ed. Elsevier. USA. 2007.
- Valiente, A. Problemas de Transferencia de Calor. Limusa, México. 1994.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Cengel, Y. A. Transferencia de Calor y Masa. Mc Graw-Hill. México. 2007.
- Kreith, F. Principios de transferencia de calor. International Thomson. México. 2001.
- Manrique, J. A. Transferencia de calor. Alfaomega. México. 2008.

CIBERGRAFÍA

- <http://www.syvum.com/eng/heat/>

- <http://www.docstoc.com/docs/2139921/APPLIED-FLUID-MECHANICS-TUTORIAL-No6-DIMENSIONAL-ANALYSIS> Transferencia de Calor
- <http://www.emagister.com/teoria-analitica-del-calor-cursos-1053918.htm>
- <http://www.emagister.com/calor-cursos-360986.htm>

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS RECOMENDADAS PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA

SUGERENCIAS DIDÁCTICAS	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exposición oral	X
Exposición audiovisual	
Actividades prácticas dentro de clase	X
Ejercicios fuera del aula	X
Seminarios	
Lecturas obligatorias	
Trabajo de investigación	
Prácticas de Taller	X
Taller de resolución de problemas asistidos por el profesor	X
Otras	

MECANISMOS DE EVALUACIÓN.

ELEMENTOS UTILIZADOS PARA EVALUAR EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE	UTILIZACIÓN EN EL CURSO
Exámenes parciales	X
Examen final	X
Trabajos y tareas fuera del aula	X
Exposición de seminarios por los alumnos.	
Participación en clase	X
Taller de resolución de problemas asistidos por el profesor	X
Asistencia	

PERFIL PROFESIOGRÁFICO REQUERIDO PARA IMPARTIR LA ASIGNATURA			
LICENCIATURA	POSGRADO	ÁREA INDISPENSABLE	ÁREA DESEABLE
Ingeniería Química	Ingeniería Química	Ingeniería Química	Fenómenos de Transporte ó, Diseño de Intercambiadores de calor
Con experiencia docente			